

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**EVANDRO ABREU DE SOUZA**

**O TREINAMENTO INDUSTRIAL E A GERÊNCIA DE RISCOS -**  
**UMA PROPOSTA DE INSTRUÇÃO PROGRAMADA**

**Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção  
do grau de Mestre em Engenharia.**



0.244.399-9

UFSC-BU

**FLORIANÓPOLIS**  
**04, SETEMBRO/1995**

**O TREINAMENTO INDUSTRIAL E A GERÊNCIA DE RISCOS -  
UMA PROPOSTA DE INSTRUÇÃO PROGRAMADA**

**EVANDRO ABREU DE SOUZA**

Esta dissertação foi julgada adequada à obtenção do grau de

**Mestre em Engenharia**

e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

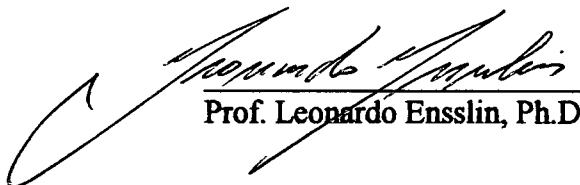


Prof. Osmar Possamai, Dr.  
Coordenador do curso

Banca examinadora:



Prof. César Mortari, Dr.  
Orientador



Prof. Leonardo Ensslin, Ph.D.

  
Prof. Fernando Álvaro Ostuni Gauthier, Dr.

**"O homem que põe em foco uma questão social importante  
merece respeito e louvor, mas aquele que declara  
insistentemente possuir a resposta, deve ser  
olhado com desconfiança."**

**James L. Kuethe**

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. César Mortari pela orientação do trabalho e por ter permitido liberdade de pensamento e expressão durante o desenvolvimento deste.

Ao Prof. Leonardo Ensslin pelo fornecimento de material e pelas informações e sugestões que permitiram o aperfeiçoamento deste trabalho. À Prof. Leila Gontijo pelos mesmos motivos.

Ao Prof. Francisco Fialho pelos comentários e discussões a respeito da aprendizagem humana. Ao Prof. Fernando Gauthier pelas sugestões a respeito do sistema.

Aos meus pais, Albino e Regina, pela criação, pela educação, pelo incentivo ao estudo, pelo apoio nos momentos difíceis, pelo amor. Aos meus avós, e demais familiares, por estarem presentes na minha vida. Aos amigos, novos e antigos, presentes ou ausentes, que permanecem na lembrança.

À minha esposa Miriam, pelo amor, pelo carinho constante e pela compreensão e paciência durante a execução desta dissertação. Ao meu filho Wysrah, pequeno em tamanho, mas enorme na importância.

A este pedacinho de terra cercado de água por todos os lados, esta ilha bela chamada Florianópolis, com seus morros, praias e mata nativa, por existir.

## SUMÁRIO

Lista de Figuras	vii
Lista de Quadros	ix
Resumo	x
Abstract	xi
 <b>CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO</b>	 <b>01</b>
1.1. A Evolução do Homem e o Risco	02
1.2. O Conceito de Risco	02
1.3. O Erro Humano	04
1.4. A Percepção do Risco	06
1.5. Justificativa para Desenvolvimento do Trabalho	07
1.6. Objetivos do Trabalho	08
1.7. Organização do Trabalho	09
 <b>CAPÍTULO II - Revisão Bibliográfica - GERÊNCIA DE RISCOS</b>	 <b>10</b>
2.1. Apresentação	10
2.2. A Revolução Industrial e o Prevençionismo	12
2.3. Termos Fundamentais em Gerenciamento de Riscos	16
2.4. Natureza dos Riscos Empresariais	18
2.5. Gerência de Riscos - Conceitos e Princípios	20
2.5.1. Análise de Riscos	22
2.5.1.1. Técnicas de Análise de Riscos	23
2.5.2. Financiamento de Riscos	27
 <b>CAPÍTULO III - ESTUDO DE OPERABILIDADE E RISCOS</b>	 <b>30</b>
3.1. Apresentação	30
3.2. Descrição Geral da Técnica	31
3.3. Conceitos Fundamentais	32
3.4. Como Desenvolver um HazOp?	34
3.4.1. Estabelecendo o Escopo do Estudo	35
3.4.2. Selecionando o Grupo de Estudo	35
3.4.3. Preparando o Material Necessário ao Estudo	38
3.4.3.1. Obtenção dos Dados Necessários	38
3.4.3.2. Conversão dos Dados	38
3.4.3.3. Planejamento do Estudo	39
3.4.3.4. Planejamento das Reuniões	39
3.4.4. Conduzindo o Estudo	40
3.4.4.1. Estabelecendo os Nós-de-Estudo	41
3.4.4.2. Identificando os Riscos	41
3.4.5. Registrando os Resultados	44
3.4.6. Alguns Aspectos Relevantes	44

3.5. Processos Descontínuos (Batch)	45
3.6. Exemplo de Aplicação	46
3.7. Variações do HazOp	49
3.7.1. HazOp Baseado em Conhecimento	50
3.7.2. Creative Checklist HazOp (CCH)	51
<b>CAPÍTULO IV - INSTRUÇÃO PROGRAMADA</b>	<b>52</b>
4.1. Apresentação	52
4.2. Fundamentos Teóricos	53
4.2.1. Educação X Treinamento de Pessoal	53
4.2.2. Principais Modalidades de Treinamento Industrial	55
4.2.3. Aprendizagem Humana	56
4.3. O Modelo Proposto	60
4.3.1. Módulo HazOp	61
4.3.2. Módulo Estratégias de Treinamento	63
4.3.3. Módulo Treinamento	64
4.3.4. Módulo Avaliação	65
4.3.5. Módulo Simulador	66
4.3.6. Módulo Registro/Interface	66
4.3.7. Módulo Conhecimento	66
<b>CAPÍTULO V - SISTEMA DE TREINAMENTO HAZOP</b>	<b>67</b>
5.1. Apresentação	67
5.2. O Ambiente de Desenvolvimento	68
5.2.1. A Programação Orientada a Objetos no KAPPA	68
5.2.2. A Linguagem de Programação	69
5.2.3. O Desenvolvimento de Interfaces Gráficas	69
5.3. A Análise do Sistema	69
5.4. O Protótipo do Sistema	70
<b>CAPÍTULO VI - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	<b>73</b>
6.1. Considerações Finais	74
6.2. Recomendações para Continuidade do Trabalho	76
6.3. Recomendações para Trabalhos Futuros	76
ANEXO A - AOO do Sistema	77
ANEXO B - Glossário de Atributos	80
ANEXO C - Glossário de Serviços	82
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>83</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>88</b>
<b>APÊNDICE I - UTILIZANDO O SISTEMA</b>	

<b>LISTA DE FIGURAS</b>
-------------------------

<b>Figura 1.1 - Exemplo da influência do fator humano dentro de um sistema industrial</b>	<b>05</b>
<b>Figura 2.1 - Pirâmide resultante dos estudos de Heinrich</b>	<b>13</b>
<b>Figura 2.2 - Pirâmide resultante dos estudos de Bird</b>	<b>14</b>
<b>Figura 2.3 - Pirâmide resultante dos estudos da ICMA</b>	<b>15</b>
<b>Figura 2.4 - Modelo de Kirchner sobre a gênese de acidentes do trabalho</b>	<b>17</b>
<b>Figura 2.5 - Taxionomia dos tipos de riscos empresariais</b>	<b>19</b>
<b>Figura 2.6 - Princípios básicos do processo de gerenciamento de riscos</b>	<b>20</b>
<b>Figura 2.7 - Diagrama esquemático do processo de Gerência de Riscos</b>	<b>21</b>
<b>Figura 2.8 - Procedimento global de uma Análise de Riscos</b>	<b>22</b>
<b>Figura 3.1 - Estrutura funcional do HazOp</b>	<b>40</b>
<b>Figura 3.2 - Diagrama para execução de um HazOp</b>	<b>41</b>
<b>Figura 3.3 - Representação de análise multilateral de um processo contínuo (destilação)</b>	<b>42</b>
<b>Figura 3.4 - Fluxograma do procedimento de um HazOp</b>	<b>43</b>
<b>Figura 3.5 - Exemplo de processo descontínuo</b>	<b>46</b>
<b>Figura 3.6 - Exemplo de processo contínuo para aplicação de HazOp</b>	<b>46</b>
<b>Figura 4.1 - Tipos de conhecimento e suas relações</b>	<b>54</b>
<b>Figura 4.2 - Principais modalidades de treinamento industrial</b>	<b>55</b>
<b>Figura 4.3 - Representação esquemática do funcionamento sináptico</b>	<b>60</b>
<b>Figura 4.4 - Modelo de instrução programada para treinamento técnico-operacional</b>	<b>61</b>
<b>Figura 4.5 - Estrutura hierárquica da base de conhecimentos do módulo HazOp</b>	<b>62</b>
<b>Figura 4.6 - Decomposição do trabalho</b>	<b>63</b>

<b>Figura 5.1 - Esquema funcional do STH</b>	<b>71</b>
<b>Figura 5.2 - Árvore hierárquica do STH</b>	<b>71</b>
<b>Figura A.1 - UNIDADE HAZOP - AOO do módulo HazOp</b>	<b>77</b>
<b>Figura A.2 - UNIDADE TREINAMENTO - AOO dos módulos Treinamento e Estratégias de Treinamento (em parte)</b>	<b>78</b>
<b>Figura A.3 - UNIDADE RIC - AOO dos módulos Registro/Interface e Conhecimento</b>	<b>78</b>
<b>Figura A.4 - UNIDADE AVALIAÇÃO - AOO do módulo Avaliação</b>	<b>79</b>



**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1.1 - Riscos de morte por ano segundo a causa	04
Quadro 1.2 - Acidente catastrófico	07
Quadro 2.1 - Alguns acidente graves	10
Quadro 2.2 - Acidentes ambientais atendidos pela CETESB (1978 - 1988)	11
Quadro 2.3 - Acidentes ambientais - incidência por tipo de fonte (1978 - 1988)	11
Quadro 2.4 - Resultados obtidos por algumas empresas com o gerenciamento de seus riscos	12
Quadro 2.5 - Natureza dos resultados de algumas técnicas de Análise de Riscos	26
Quadro 2.6 - Acidente catastrófico	27
Quadro 3.1 - Palavras-guia e seus significados	33
Quadro 3.2 - Exemplos de desvios	33
Quadro 3.3 - Exemplo de tabela de HazOp	49
Quadro B.1 - Glossário de atributos da unidade HazOp	80
Quadro B.2 - Glossário de atributos da unidade Treinamento	80
Quadro B.3 - Glossário de atributos da unidade RIC	80
Quadro B.4 - Glossário de atributos da unidade Avaliação	81
Quadro C.1- Glossário de serviços da unidade HazOp	82
Quadro C.2 - Glossário de serviços da unidade Treinamento	82
Quadro C.3 - Glossário de serviços da unidade RIC	82
Quadro C.4 - Glossário de serviços da unidade Avaliação	82

## **RESUMO**

**O aumento dos riscos industriais, proveniente da utilização de tecnologias mais avançadas e complexas, maior número de insumos, utilização de novos produtos, transporte e armazenagem de grandes quantidades de produtos perigosos, etc., vem desencadeando pressões sociais para que as empresas adotem medidas de emergência e de contenção de riscos eficientes. Neste sentido, a decisão das empresas em alocar recursos para a mitigação de perdas fundamenta-se no cotejo entre a adoção ou não, total ou parcial, das medidas preconizadas pela Gerência de Riscos.**

**Além da influência social, os danos provenientes da ocorrência de eventos indesejáveis atuam diretamente na qualidade e nos resultados da empresa, o que muitas vezes justifica a conveniência econômica de sua implementação. Desta forma, a preocupação com riscos em plantas industriais é atualmente parte integrante da filosofia de modernização empregada por empresas que procuram qualificar seus serviços de forma a aumentar sua competitividade, agregando qualidade e confiabilidade a seus produtos e atentando tanto para fatores internos quanto externos aos domínios da empresa.**

**Este trabalho busca contribuir para o aperfeiçoamento operacional das empresas, apresentando um meio de melhorar sua segurança e qualificar o seu quadro funcional através da aplicação de uma técnica de análise de riscos industriais e da utilização dos resultados obtidos como base de conhecimento de um sistema de instrução programada para ser utilizado em treinamento técnico-operacional de funcionários.**

## **ABSTRACT**

**The increase in industrial risks, resulting from the utilization of more advanced and complex technologies, from a greater number of insumes, from the utilization of new products, from transport and storage of a high quantity of dangerous products, etc., has been bringing about social pressures in order for the companies to start using effective emergency and risk contention measures. On this way, a companies' decision to allocate resources to loss prevention is based on a comparison between adopting or not, totally or partially, the measures prescribed by Risk Management.**

**On addition to the social influence, the damage stemming from the occurrence of undesirable events acts directly on the company's quality and results, what often justifies the economic convenience of their implementation. On this sense, worrying about risks, at industrial plants, is currently an important part of the modernization philosophy used by companies which seek to qualify their services in order to increase their competitiveness, adding quality and confiability to their products, and paying attention to factors internal as well as external to the company.**

**This work seeks to contribute to the companies' operational improvement, showing a way to increase their security and to qualify their functional team by means of the application of a technique of industrial risk analysis. The results thus obtained can be used as a knowledge base for a system of programmed teaching to be used by the technical-operational training of employees.**

## CAPÍTULO I

### INTRODUÇÃO

*"A MAJOR PERSPECTIVE IN APPROACHES OF RISK ASSESSMENT HAS  
BEEN CENTRED ON QUANTIFICATION IN TERMS OF PROBABILITY.  
BUT THIS APPROACH DOES LITTLE TO EXPLAIN THE  
SOCIAL/BEHAVIOURAL INFLUENCES ON RISK."  
NORMAN JACKSON e PIPPA CARTER<sup>32</sup>*

A segurança e a qualificação de pessoal são fatores constantes de qualquer filosofia industrial que tenha como objetivo primordial a melhoria da qualidade e da produtividade. No entanto, estas condicionantes têm sido negligenciadas e tornam-se, em muitos casos, as principais responsáveis pelo fracasso nas tentativas de implementação de novas filosofias gerenciais e operacionais em empresas.

Resultados de investigações de grandes acidentes mostram que as falhas responsáveis pelos mesmos estão associadas a quatro fatores principais, a saber: tecnologia, sistemas de gerenciamento, fatores humanos e agentes externos. Deste modo, muitas indústrias têm se preocupado com a confiabilidade de seus equipamentos e investido em melhores tecnologias. Porém, uma análise mais detalhada acerca das causas que precedem estas situações mostram que o erro humano e a falta de sistemas de gerenciamento de riscos adequados são os contribuintes mais significativos para a concretização dos acidentes em plantas industriais.

O grande número de variáveis que interagem dinamicamente no decurso de um processo operacional atribui uma elevada complexidade aos sistemas industriais atuais que, apesar de altamente automatizados, continuam dependentes do desempenho humano em diversos aspectos. Portanto, o desconhecimento dos riscos associados ao uso de novas tecnologias e a velocidade com que determinadas ações devem ser tomadas frente a problemas operacionais conduzem ao aumento da probabilidade de falha humana, podendo comprometer o bom andamento operacional e resultar em acidentes catastróficos, com elevadas perdas tanto materiais quanto humanas.

A proposta apresentada no presente trabalho avança no sentido mais amplo de qualificação de pessoal e estabelecimento de condições mais seguras e confiáveis de operabilidade de plantas industriais, reduzindo riscos e, conseqüentemente, perdas de material humano e de capital, e auxiliando no desenvolvimento tecnológico e social das empresas nacionais.

Com base nestas premissas, este trabalho apresenta uma forma eficiente e prática para a minimização de riscos industriais, incluindo nestes o fator humano, de sorte a auxiliar empresas na melhoria de seus aspectos operacionais e na redução de perdas decorrentes de incidentes ou acidentes que prejudiquem as metas estabelecidas pela organização. Com este propósito, procurou-se a integração das características preventivistas apresentadas pela Gerência de Riscos, em especial através da utilização de uma técnica de Análise de Riscos industriais, com o treinamento individualizado de funcionários.

## **1.1. A EVOLUÇÃO DO HOMEM E O RISCO**

O primeiro sinal de vida na Terra surgiu há aproximadamente 4 bilhões de anos e a espécie humana surgiu há mais ou menos 4 milhões de anos. Colocando estes dados numa escala de tempo menor, conforme sugere WHARTON<sup>56</sup>, se o primeiro vestígio de vida na Terra tivesse surgido há 40 anos, o homem teria surgido há apenas duas semanas atrás, e a primeira civilização há 20 minutos. Ainda nesta escala de tempo reduzida, a revolução industrial, a qual alterou de modo drástico a forma de sobrevivência humana e modelou a atual organização social, teria surgido apenas no último minuto.

Apesar de sua breve existência sobre este planeta, a habilidade de comunicação e a capacidade de raciocínio desenvolvidas pelo homem durante o seu processo evolutivo o diferenciaram das demais espécies e possibilitaram o rápido desenvolvimento social e, posteriormente, industrial, o qual presenciamos neste momento.

No entanto, nenhum homem nem as sociedades e organizações por ele criadas conseguiram sustentar-se sem riscos. Sob um ponto de vista individual, toda decisão ou ação carrega algum risco associado a perdas de dinheiro, saúde, prestígio, liberdade, etc., enquanto que, pelo lado social, o homem é ameaçado por doenças infectocontagiosas, acidentes fatais, reveses econômicos, levantes políticos, miséria e pelos efeitos da degradação ambiental, sendo este último caracterizado pela agressão do homem ao próprio ecossistema no qual está inserido.

As consideráveis vantagens materiais e sociais obtidas pelo homem através do uso das tecnologias sempre foram acompanhadas pelo surgimento de riscos, sendo que os acidentes resultantes da concretização destes riscos, de maneira cada vez mais alarmante, ameaçam a qualidade de vida e, não raramente, a própria vida dos seres humanos.

Nesta tentativa de produzir melhores condições de vida o homem faz uso de ferramentas, máquinas e veículos que causam acidentes fatais, cria novos materiais, produtos e alimentos altamente prejudiciais, transforma substâncias naturais em concentrados radioativos, pondo em risco o meio ambiente e todo o ecossistema e, conseqüentemente, a sua existência. E, paradoxalmente, todo este processo considerado "evolutivo" é comandado pelo instinto de "sobrevivência" da espécie.

Deste modo, o risco sempre esteve e sempre estará presente em toda e qualquer atividade humana e, ao logo de sua evolução, o homem continuará a ser agredido pelas suas próprias descobertas. Assim, a solução mais sensata parece ser a admissão, por parte da sociedade, da relação intrínseca existente entre a sua existência e a sua autodestruição, aprendendo a identificar, controlar e conviver com os riscos inevitáveis.

## **1.2. O CONCEITO DE RISCO**

Não existe uma definição universalmente reconhecida para a palavra risco. Assim, os significados associados à esta palavra diferem, tanto semântica quanto sintaxicamente, em função de suas origens.

Segundo WHARTON<sup>56</sup> a palavra *risq*, em árabe, significa algo que lhe foi dado (por Deus) e do qual você tirará proveito, possuindo um significado de algo inesperado e favorável ao indivíduo. Em latim, *riscum* conota algo também inesperado mas desfavorável ao indivíduo. Em grego, uma derivação do árabe *risq*, esta palavra relata a probabilidade de um resultado sem imposições positivas ou negativas. O francês *risque* tem significado negativo, mas ocasionalmente possui conotações positivas, enquanto que, em inglês, *risk* possui associações negativas bem definidas.

Portanto, a palavra risco pode significar desde um resultado inesperado de uma ação ou decisão, seja este positivo ou negativo, até, sob um ponto de vista mais científico, um resultado não desejado e a probabilidade de ocorrência do mesmo. No entanto, abordaremos o risco como a incerteza de ocorrência de um evento indesejado dentro de um sistema industrial. Neste sentido, diversas são as definições encontradas que buscam um significado mais completo para a palavra risco.

Conforme BASTIAS<sup>5</sup>, "risco é uma ou mais condições de uma variável que possuem o potencial suficiente para degradar um sistema, seja interrompendo e/ou ocasionando o desvio das metas, em termos de produto, de maneira total ou parcial, e/ou aumentando os esforços programados em termos de pessoal, equipamentos, instalações, materiais, recursos financeiros, etc". Desta forma, os riscos assinalam a probabilidade de perdas dentro de um determinado período específico de atividade de um sistema, e podem ser expressos como a probabilidade de ocorrência de acidentes e/ou danos à pessoas, ao patrimônio ou prejuízos financeiros. Bastias também salienta que todos os elementos de um sistema apresentam um potencial de riscos que podem resultar na destruição do próprio sistema.

DE CICCIO e FANTAZZINI<sup>13</sup> atribuem dois significados à palavra risco. O primeiro, influenciado pelo trabalho de BASTIAS<sup>5</sup>, associa o risco a "uma ou mais condições de uma variável com o potencial necessário para causar danos, que podem ser entendidos como lesões a pessoas, danos a equipamentos e instalações, danos ao meio ambiente, perda de material em processo ou redução da capacidade de produção". Desta forma, a um risco sempre estará associada uma possibilidade de ocorrência de efeitos adversos. No segundo significado atribuído à palavra, risco "expressa uma probabilidade de possíveis danos dentro de um período específico de tempo ou número de ciclos operacionais", e pode ser relacionado à probabilidade de ocorrência de um acidente multiplicado pelo dano decorrente deste acidente, em unidades operacionais, monetárias ou humanas.

JACKSON e CARTER<sup>32</sup> concordam com o fato de que o conceito de risco está associado com a falha de um sistema, sendo a possibilidade de um sistema falhar usualmente entendida em termos de probabilidades. No entanto, preferem trabalhar com a possibilidade de falha de um sistema ao invés da probabilidade, alegando que a visão probabilística somente se preocupa com a ocorrência de um evento dentro de uma população, enquanto que, ao analisarmos a possibilidade de falha, estamos nos preocupando com um evento particular.

Neste ponto, pode-se observar duas tendências claras na definição de risco, uma abordando o risco objetivamente e outra subjetivamente. De um ponto de vista objetivo, o risco representa a probabilidade de ocorrência de um evento indesejável e pode ser facilmente quantificado através de medidas estatísticas. Sob uma visão subjetiva, o risco está relacionado à possibilidade de ocorrência de um evento não desejado e depende de uma avaliação individual sobre a situação, sendo portanto pouco quantificável.

Neste sentido, GREENE<sup>25</sup> afirma que, objetivamente, risco é a medida de algum parâmetro que oscila em torno de uma média. Logo, em termos objetivos, o risco pode ser medido por uma faixa, como, por exemplo, a probabilidade de prejuízo de uma planta é 10 em 100 (10%) com uma faixa de 6 em torno da média, ou seja, de 4 a 16, ou por outras medidas estatísticas. No entanto, conforme Greene, subjetivamente o risco pode ser entendido a partir do princípio de ceticismo mental ou incerteza quanto ao resultado esperado de um evento particular.

Neste trabalho, o risco está caracterizado como um fator condicionante e constituinte de um sistema\* industrial que, apesar de intrínseco à todas as atividades desenvolvidas pela empresa, não deve ser negligenciado, mas tratado com a devida importância. No entanto, uma maior ênfase será dada ao aspecto subjetivo do risco, buscando evidenciar os fatores que contribuem para a concretização dos eventos indesejáveis ou imprevistos.

Cabe ainda salientar que o conceito de risco só é válido na presença da possibilidade de falha de um sistema. Contudo, como não existem sistemas industriais infalíveis, estamos tratando de um aspecto de extrema relevância.

O quadro 1.1 a seguir apresenta alguns dos riscos aos quais uma pessoa está sujeita no seu dia a dia, bem como suas probabilidades de ocorrência.

Quadro 1.1 - Riscos de morte por ano segundo a causa.

CAUSA	PROBABILIDADE
Todas as causas	$9.0 \times 10^{-3}$
Doenças do coração	$3.4 \times 10^{-3}$
Câncer	$1.6 \times 10^{-3}$
Todos os acidentes	$4.8 \times 10^{-4}$
Acidentes de trabalho	$1.5 \times 10^{-4}$
Veículos automotivos	$2.1 \times 10^{-4}$
Homicídios	$9.3 \times 10^{-5}$
Quedas	$7.4 \times 10^{-5}$
Afogamentos	$3.7 \times 10^{-5}$
Queimaduras	$3.0 \times 10^{-5}$
Envenenamento por líquido	$1.7 \times 10^{-5}$
Sufocação (objetos engolidos)	$1.3 \times 10^{-5}$
Acidentes com armas e esportes	$1.1 \times 10^{-5}$
Trens	$9.0 \times 10^{-6}$
Aviação civil	$8.0 \times 10^{-6}$
Transporte marítimo	$7.8 \times 10^{-6}$
Envenenamento por gás	$7.7 \times 10^{-6}$
Mordeduras	$2.2 \times 10^{-7}$

Fonte: FILIPE<sup>22</sup>

### 1.3. O ERRO HUMANO

O erro humano não era considerado, até pouco tempo atrás, como um fator de risco significativo dentro de um sistema industrial, e portanto não era tratado com a devida importância com relação aos aspectos de segurança industrial.

Observemos o exemplo da figura 1.1, apresentado por KLETZ<sup>34</sup>: em determinada indústria, quando um alarme toca o operador necessita fechar uma válvula dentro de um certo espaço de tempo.

\* Conjunto de atividades inter-relacionadas que atuam com propósito comum e específico.



Figura 1.1 - Exemplo da influência do fator humano dentro de um sistema industrial.

Qual a probabilidade de falha nesta situação? As confiabilidades do alarme e da válvula são normalmente conhecidas e desta forma pode-se prever as suas probabilidades de falha. No entanto, uma peça fundamental deste sistema está sendo ignorada: a confiabilidade do operador, ou seja, a possibilidade de erro humano. Será que o operador realmente irá fechar a válvula no espaço de tempo disponível?

O comportamento humano nem sempre é constante e racional, e portanto não segue padrões rígidos pré-estabelecidos, conforme salienta IIDA<sup>31</sup>. Desta forma, o fator humano pode influenciar de maneira substancial a confiabilidade de um sistema e as perdas decorrentes de acidentes. Segundo estudos da FMEO\*, o elemento humano tem participação direta em 2/3 das perdas por falhas de equipamentos e acidentes com fogo.

No entanto, a caracterização do erro humano não é simples e direta, mas depende de uma definição clara do comportamento ou do resultado esperado. Segundo CELLIER<sup>8</sup>, uma definição mínima de erro humano comporta a idéia de um desvio anormal com relação a uma norma ou padrão estabelecido. Assim, para Cellier, é necessário que se estabeleça, de uma parte, uma referência (os procedimentos padronizados, ou melhor, o trabalho prescrito), e de outra, a quantificação do desvio provocado.

Esta necessidade de caracterização do erro humano se torna ainda mais evidente nos sistemas industriais modernos, pois, segundo DE KEYSER<sup>15</sup>, estes sistemas, principalmente quando baseados em processos contínuos, apresentam características de sistemas complexos, ou seja, de sistemas com diversas variáveis que interagem e evoluem rapidamente com o decorrer do tempo.

Estes ambientes com características dinâmicas englobam uma grande quantidade de situações que apresentam dois aspectos essenciais, conforme salientam ROGALSKI e SAMURÇAY<sup>46</sup>. Por um lado, eles evoluem com o tempo conforme sua própria dinâmica e as variáveis envolvidas no sistema são temporais. Por outro, eles não podem ser tratados pelos operadores como uma sucessão organizada de transformações e de estados discretos. Neste sentido, DUBOIS, FLEURY e MAZET<sup>16</sup> afirmam ainda que todo processo dinâmico é realizado sob fortes pressões de tempo.

Portanto, este conjunto de características, intrínseco aos sistemas industriais modernos, eleva a possibilidade de erro humano e, conseqüentemente, os próprios riscos operacionais.

---

\* Factory Mutual Engineering Organization



A inclusão deste fator psicológico na confiabilidade do sistema é, portanto, decorrente dos riscos apresentados pelo processo, da urgência na tomada de decisões e da ambiguidade dos objetivos que o operador supostamente persegue. Desta forma, os processos de percepção e aceitação do risco e de tomada de decisão, os quais nem sempre dependem do comportamento visível do operador mas, principalmente, de suas características cognitivas, caracterizam-se como os principais catalisadores do erro humano.

#### 1.4. A PERCEPÇÃO DO RISCO

Segundo JACKSON e CARTER<sup>32</sup>, todo sistema tende a ser homeostático por natureza e tolera certos níveis de desordem. No entanto, somente consegue funcionar satisfatoriamente dentro de certos limites específicos e característicos. Uma vez que estes limites de estabilidade sejam violados, o sistema tenderá a falhar.

Certas falhas do sistema não são significativas, sendo usualmente aceitas como acontecimentos normais do processo e que podem ser corrigidas sem maiores danos. Além do mais, muitas vezes o próprio processo tende a compensar o desvio em busca da estabilidade. No entanto, algumas falhas podem conduzir a resultados indesejáveis, às vezes catastróficos, que prejudicam ou impedem o funcionamento do sistema.

A falha de um sistema comumente é precedida por um conjunto de condições (riscos) que anunciam a sua predisposição à desordem. Estas situações, ao serem analisadas, demonstram que, em sua maioria, originaram-se da inobservância dos aspectos que antecipavam a falha do sistema.

A percepção, pelo elemento humano, dos indicadores que precedem a falha do sistema, bem como o processo decisório que deve ser desencadeado a partir desta observação, dependem tanto do seu conhecimento sobre o sistema como das características cognitivas do indivíduo.

Segundo HUCZYNSKI e BUCHANAN<sup>30</sup>, *apud* JACKSON e CARTER<sup>32</sup>, a percepção é um processo psicológico ativo pelo qual os estímulos são selecionados e organizados dentro de um modelo conceptual da situação. Portanto, um indivíduo não registra simplesmente os aspectos observados com relação ao sistema do qual faz parte, mas atribui significados e valores aos mesmos.

Desta forma, o processo de percepção do risco pelo homem nem sempre é objetivo, ou quem sabe racional, mas fortemente influenciado por fatores diversos que variam de indivíduo para indivíduo, em função de sua estrutura mental e do seu *background*, adquirido principalmente pela sua experiência dentro do sistema.

Assim, nota-se que é de suma importância o conhecimento profundo sobre os riscos presentes dentro de um sistema industrial para que seja possível, por parte do indivíduo, a identificação e a correção dos desvios do sistema antes que ocorra a sua falha, reduzindo-se, desta forma, a probabilidade de erro humano. No entanto, mesmo que todos os riscos sejam conhecidos, ainda persistirá a possibilidade de falha humana, pois cada indivíduo organiza e interpreta as situações de maneira diferente. O quadro 1.2 a seguir apresenta uma situação onde os riscos foram subestimados, apesar de terem sido previamente identificados.

Quadro 1.2 - Acidente catastrófico.

**O TITANIC**

*Em 14 de abril de 1912 o White Star a vapor RMS Titanic, quando se aproximava de uma região pontada de imensos blocos de gelo, chocou-se com um iceberg. O navio, o qual estava realizando a sua viagem inaugural, afundou em aproximadamente 2 horas e 40 minutos despejando no mar gelado um total de 2201 passageiros, dos quais apenas 712 conseguiram sobreviver. O navio possuía botes salva-vidas para apenas 1176 pessoas, o que satisfazia as exigências do Board of Trade (980 lugares) para uma embarcação daquele tamanho. O Titanic foi considerado por muitos como indestrutível, embora seus construtores não compactuassem com esta idéia. Porém, como o representante dos construtores, um dos projetistas do navio, e o capitão pereceram no desastre, pode-se assumir que os responsáveis pelo projeto e operação do Titanic não esperavam que ele porventura afundaria.*

Fonte: JACKSON e CARTER<sup>32</sup>.

### 1.5. JUSTIFICATIVA PARA DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Dado o exposto até o momento, pode-se observar a importância do elemento humano como um fator de risco dentro de um sistema industrial. No entanto, não são raras as empresas que ainda desconsideram este aspecto e, o que é mais alarmante, diversas são as indústrias que desconhecem e não analisam os riscos de seus processos operacionais.

Além do mais, estudos demonstram que a ocorrência de erro humano é agravada principalmente em indústrias onde:

- Não há reconhecimento da importância do fator humano para a prevenção de perdas e danos à propriedade.
- Não existem regras a serem seguidas e as responsabilidades de cada indivíduo não são claramente definidas.
- O indivíduo desconhece os riscos e as ações corretas a serem tomadas frente às variações do sistema.

Com base nestes agravantes, alguns países têm adotado medidas que obriguem as empresas a melhorar a segurança de suas operações. Este é o caso dos EUA, onde a OSHA\* publicou, em maio do ano de 1992, uma norma denominada *Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals*. Segundo ARENDT<sup>2</sup>, esta norma requer que as empresas que trabalhem com substâncias perigosas, além de um limite determinado, desenvolvam e implementem um sistema de gerenciamento de segurança de seus processos industriais, o qual deve ser mantido durante toda a vida útil da unidade e ser orientado, fundamentalmente, à proteção dos seus trabalhadores.

A essência do regulamento da OSHA é a exigência do desenvolvimento de Análise de Riscos para antecipação dos riscos industriais, de forma a garantir o máximo de segurança à operação do sistema industrial. Porém, outro aspecto de fundamental importância dentro desta norma é a instituição da participação e do treinamento de funcionários por parte das empresas, o qual tem causado grandes desentendimentos entre a indústria, os trabalhadores e os grupos ambientalistas, conforme salientam CHOWDHURY e PARKINSON<sup>10</sup>. A norma requer que as empresas preparem programas que incluam a participação ativa dos

\* Occupational Safety and Health Administration.

trabalhadores em termos de identificação e conhecimento sobre os riscos, e na investigação de acidentes. Com estas medidas, a OSHA integra o gerenciamento de riscos e o treinamento de pessoal em busca da melhoria da segurança de processos e da prevenção de acidentes industriais.

Reforçando os aspectos enfatizados pelo regulamento da OSHA, DE KEYSER<sup>15</sup> afirma que um conhecimento profundo sobre o processo e sobre o desempenho das variáveis operacionais são componentes essenciais para a melhoria da confiabilidade humana.

IIDA<sup>31</sup> também salienta que, apesar do treinamento nem sempre auxiliar na redução da incidência de erros humanos, aumenta a sensibilidade quanto à sua identificação, aumentando a probabilidade para que sejam corrigidos a tempo. Neste sentido Iida cita uma frase do matemático Hadamard: "Ao fazer cálculos matemáticos, cometo tantos erros como qualquer estudante neófito. A única diferença é que sei quando cometo erros e os corrijo a tempo, não deixando que eles influenciem no resultado final".

Portanto, como no Brasil a ausência de uma consciência sobre os riscos operacionais e a falta de treinamento adequado de funcionários ainda são constantes no setor industrial, qualquer iniciativa no sentido de minimização de riscos e melhoria das condições de trabalho deve ser considerada válida e implementada o mais brevemente possível por empresas que possuam consciência de seu valor social.

## **1.6. OBJETIVOS DO TRABALHO**

Este trabalho visa, de um modo geral, fornecer um procedimento, baseado nos princípios sustentados pela Gerência de Riscos, que permita às empresas reduzirem os riscos operacionais constituintes de seu sistema industrial. Desta forma, buscamos a melhoria da segurança atacando o sistema de forma integrada, ou seja, pelo lado do processo industrial e pelo lado dos operadores responsáveis pelo funcionamento do processo.

No entanto, como não podemos abordar este assunto de forma ampla, definimos três objetivos específicos a serem alcançados com este trabalho:

- Apresentação e detalhamento de um método sistemático de Análise de Riscos (HazOp) que possibilite o estudo detalhado e o levantamento completo dos fatores operacionais que possam provocar falhas no sistema.
- Desenvolvimento de um modelo de instrução programada, para ser utilizado no treinamento técnico-operacional de operadores de plantas industriais, que utilize o conhecimento previamente adquirido pela aplicação do método sugerido.
- Construção de um protótipo do sistema de instrução programada, com base no modelo proposto, que permita a utilização dos resultados dos estudos de HazOp para o treinamento de operadores de plantas industriais.

## **1.7. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO**

O capítulo II apresenta uma revisão bibliográfica sobre a Gerência de Riscos buscando fornecer uma visão geral sobre o assunto e estabelecer a sua relação com a prevenção de perdas.

O capítulo seguinte apresenta a técnica de análise de riscos HazOp de forma detalhada. Este capítulo procura estabelecer um procedimento padronizado para o desenvolvimento de estudos de HazOp que possibilite a posterior utilização de seus resultados no treinamento de pessoal.

O modelo de instrução programada proposto é apresentado no quarto capítulo junto com os princípios teóricos que fundamentaram o desenvolvimento do modelo. No capítulo seguinte são apresentados a análise orientada a objetos do modelo e o protótipo do sistema, bem como o funcionamento do mesmo.

O sexto e último capítulo é reservado às conclusões e às recomendações resultantes do desenvolvimento do trabalho. Após o sexto capítulo encontram-se os Anexos A, B e C, que contêm os resultados da análise baseada em objetos do sistema, ao nível de Classes-&-Objetos, estruturas, atributos e serviços.

Por fim, o Apêndice I apresenta uma aplicação do protótipo desenvolvido, fornecendo uma ilustração para possibilitar um melhor entendimento sobre o funcionamento do sistema.

## CAPÍTULO II

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

## GERÊNCIA DE RISCOS

### RISK MANAGEMENT

"AS CONSEQUÊNCIAS DE UMA DECISÃO ERRADA PODEM SER POUCO PALPÁVEIS  
E NÃO HÁ GARANTIA DE QUE O ERRO SERÁ DESCOBERTO ANTES  
DE OCORREREM DANOS CONSIDERÁVEIS."  
JAMES L. RUSTHE<sup>35</sup>

### 2.1. APRESENTAÇÃO

As plantas de processos químicos, devido à natureza intrínseca das substâncias e dos produtos que manuseiam, estão sujeitas a uma gama de riscos que podem, não raramente, produzir danos irreparáveis aos equipamentos, bem como ocasionar graves lesões, ou até mesmo mortes, aos trabalhadores e às comunidades circunvizinhas, fora dos limites de suas instalações.

Ao longo das últimas décadas, muitas indústrias químicas, petroquímicas e de processamento de petróleo, em todo o mundo, têm se envolvido em acidentes cujos reflexos econômicos, humanos e ambientais muitas vezes ultrapassam os limites de suas instalações. O acelerado avanço da tecnologia notado na área petroquímica, o qual trouxe incontáveis benefícios à sociedade, foi o que deixou o maior legado de trágicos acidentes com grandes perdas, tanto humanas quanto materiais, além de graves danos ao meio ambiente. O quadro 2.1 a seguir apresenta alguns acidentes do setor petroquímico com consequências catastróficas.

Quadro 2.1 - Alguns acidentes graves.

Ano	Local	Natureza	Nº mortos/danos
1972	Rio de Janeiro	Escape de GLP e consequente BLEVE* do vaso	37
1974	Flisborough (Reino Unido)	Explosão de uma planta de caprolactama devido à ruptura de tubulação	28
1976	Seveso (Itália)	Explosão seguida de liberação de dioxina	desconhecido
1984	Cubatão (Brasil)	Rompimento de tubulação de gasolina e consequente ignição	cerca de 500
1984	Mexico City (México)	Vazamento de GLP seguido de BLEVE*	cerca de 550
1984	Bhopal (Índia)	Liberação de isocianato de metila por explosão de um tanque de armazenamento	mais de 2500
1986	Basileia (Suíça)	Contaminação do Rio Reno a partir de águas de extinção de incêndio de um depósito de armazenamento	danos ambientais

Fonte: FARBER<sup>18</sup>.

Assim sendo, o aumento dos riscos de acidentes industriais de grande periculosidade, provenientes da utilização de tecnologias mais avançadas e complexas, maior número de matérias-primas e insumos, criação de novos processos e produtos, grandes capacidades de armazenamento e transporte de produtos perigosos, fez com que aumentasse a pressão sobre as empresas no sentido de reduzirem seus riscos, esclarecerem os cidadãos sobre os mesmos e

\* Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion

adotarem medidas de emergência e contenção de riscos eficientes. Além do mais, com a evolução do tecido social, temas notadamente ligados às áreas ecológica e de acidentes do trabalho passaram a preocupar o público ao redor das indústrias e, conseqüentemente, as autoridades governamentais. Como consequência, as indústrias foram obrigadas a examinar com mais acuidade os efeitos de suas operações intra e extra-muros. Os quadros 2.2 e 2.3 apresentam os acidentes atendidos pela CETESB entre 1978 e 1988 em função de suas causas e do tipo de fonte.

Quadro 2.2 - Acidentes ambientais atendidos pela CETESB (1978 - 1988).

CAUSA	Nº de Ocorrências	Porcentagem
Ação de Terceiros	19	4.03
Falha Operacional	241	51.17
Falha Mecânica	127	25.96
Fenômeno Natural	17	3.61
Não Apurada	67	14.23
Total	471	100.00

Fonte: AWAZU<sup>4</sup>.

Quadro 2.3 - Acidentes ambientais - incidência por tipo de fonte (1978 - 1988).

FONTE	Nº de Ocorrências	Porcentagem
Barroca-Tanque	6	1.27
Caminhão	182	38.64
Duto	35	7.43
Indústria	50	10.62
Navio	116	24.63
Posto de Gasolina	15	3.18
Terminal Marítimo	8	1.70
Trem	3	0.64
Não Identificada	38	8.07
Outras	18	3.82
Total	471	100.00

Fonte: AWAZU<sup>4</sup>.

Neste sentido, o gerenciamento de riscos surgiu como instrumento de mitigação e administração de riscos presentes no meio industrial, oferecendo filosofias e ferramental técnico que visam otimizar o uso da tecnologia, a qual sofre avanço acelerado e, não raramente, inconsistente com os padrões mínimos de segurança que devem estar presentes dentro de atividades industriais. O gerenciamento de riscos dentro de uma empresa representa a possibilidade de se atribuir segurança e confiabilidade aos processos e procedimentos, constituintes do seu ambiente operacional, permitindo a integração de dois pólos que, até então, se relacionavam indiretamente: a segurança do trabalho e a segurança patrimonial.

A origem da Gerência de Riscos se confunde com a própria evolução do prevencionismo. Dentro da gerência de riscos estão aglutinados todos os aspectos apresentados por diversas filosofias prevencionistas que surgiram ao longo dos tempos, sob uma ótica gerencial e objetiva. Nos Estados Unidos e em alguns países europeus, a Gerência de Riscos (*Risk Management*) surgiu há aproximadamente 40 anos, logo após a Segunda Guerra Mundial, e vem sendo sustentada e aprimorada pela ação conjunta de empresários, trabalhadores e organizações governamentais.

No Brasil, a Gerência de Riscos foi introduzida pelas filiais de empresas multinacionais com o objetivo de reduzir os custos relativos ao pagamento de seguros e, ao mesmo tempo, aumentar a proteção do patrimônio e dos trabalhadores. Porém, somente em finais da década de 80 e início da atual década é que o gerenciamento de riscos começou a ser divulgado e utilizado de forma mais ampla por um número maior de empresas.

Quadro 2.4 - Resultados obtidos por algumas empresas com o gerenciamento dos seus riscos

Empresa	Resultados
ALCOA	O investimento em um novo sistema de proteção contra incêndio na coligada Alumar, no Maranhão, permitiu a redução de US\$ 210.000 por ano no prêmio do seguro.
BASF	As equipes especiais para atender acidentes envolvendo caminhões carregados de produtos químicos chegam a qualquer ponto do país em menos de 24 horas.
SOUZA CRUZ	A companhia ficou mais seletiva na escolha dos itens que devem ser segurados. Antes, até pequenas quantias em dinheiro que circulavam internamente tinham seguro.
HERING	Segue a política de dividir os riscos. Um incêndio, ocorrido em 1986, num depósito de algodão formado por quatro áreas dotadas de equipamentos de segurança, como portas contra-fogo, destruiu uma delas.

Fonte: DE CICCIO<sup>12</sup>.

## 2.2. A REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E O PREVENÇIONISMO

Para que se compreendam, de forma consistente, as bases que sustentam a Gerência de Riscos, é de suma importância que se estabeleça um histórico sobre a evolução da política e da filosofia prevencionista no mundo.

Os primeiros indícios de ações prevencionistas remontam da Europa do século passado, mais especificamente da Inglaterra, após o nascimento da revolução industrial. As profundas alterações tecnológicas provocadas pela revolução industrial, que iniciou em 1760, lançada com o aparecimento da primeira máquina de tear e marcada pela invenção da máquina a vapor (em 1781) por James Watts, deram início aos grandes processos de industrialização, que prosseguiram até nossos dias, substituindo o trabalho humano pela máquina. Essa revolução técnica surgiu no país que era, na época, o principal país do mundo e líder do progresso material, a Inglaterra.

A existência de duas novas classes sociais caracterizou as sociedades pós-revolução industrial: a classe dos patrões (empregadores) e a classe dos trabalhadores, que se enfrentavam direta e individualmente, não existindo qualquer organização, por parte dos trabalhadores, para proteger os seus interesses. Portanto, as massas trabalhadoras foram impiedosamente exploradas durante o início da revolução industrial, pagando o custo social desta mudança.

Foram necessárias gerações para que estes homens comessem a se organizar. Porém, em meados do século XIX, quase meio século após o início da revolução industrial, ainda na Inglaterra, a preocupação com a prevenção de acidentes do trabalho e de outros fatores de risco, que eram frequentes no ambiente das primeiras fábricas, gerou a união de trabalhadores e homens públicos para a concretização das bases da política prevencionista. Através das campanhas de melhoramento social, que surgiram com as leis de segurança social, foram introduzidos o trabalho sistemático e a legislação fabril. Karl Marx, *apud* STERNBERG<sup>53</sup>, afirma, em seu livro *Das Kapital*, que "essa legislação foi a primeira tentativa deliberada e sistemática, por parte da sociedade, para controlar o movimento básico de seu próprio evolucionismo". Segundo CARDOSO<sup>7</sup>, essa legislação não resolvia senão uma parcela mínima dos problemas e, portanto, foi seguida por leis complementares, em geral pouco eficientes devido à pressão dos empregadores.

Após seu surgimento na Inglaterra, a revolução industrial espalhou-se pela Europa Ocidental e, atravessando o Atlântico, desembarcou nos Estados Unidos da América, país este

onde o movimento prevencionista se radicou e se desenvolveu devido às ações conjuntas entre governo, empresários e especialistas.

Em 1928, o American Engineering Council já fazia referência à relação existente entre os custos indiretos (não segurados) e os custos diretos (segurados) dos acidentes, e atribuía aos custos indiretos o pagamento de salários improdutivos, perdas financeiras, redução de rendimento da produção, falhas no cumprimento de prazos de entrega de produtos, etc.

Em 1931, H.W. Heinrich, que pertencia a uma companhia de seguros dos Estados Unidos, publicou um estudo onde afirmava existir uma relação de 4:1 entre os custos indiretos e os custos diretos dos acidentes, sendo sua pesquisa fundamentada em dados médios da indústria americana da década de 20. No mesmo estudo, Heinrich lançou a idéia de acidentes com danos à propriedade, ou melhor, acidentes sem lesão. Heinrich definiu acidente como todo evento não planejado, não controlado e não desejado que interrompe uma atividade ou função. As proporções entre os tipos de acidentes, encontradas por Heinrich, são apresentadas pela figura 2.1 abaixo.

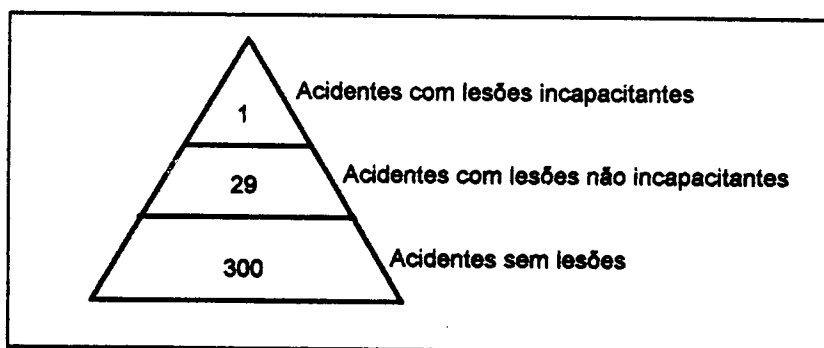


Figura 2.1 - Pirâmide resultante dos estudos de Heinrich.

Posteriormente, R.P. Blake analisou os resultados e, junto com Heinrich, formulou alguns princípios e sugestões, dentre elas a de que as empresas deveriam promover medidas tão importantes ou mais do que aquelas que visassem apenas a proteção social dos seus empregados, ou seja, as empresas deveriam, efetivamente, partir para evitar a ocorrência de acidentes.

Durante a Segunda Guerra Mundial, o movimento prevencionista conseguiu a sua maturidade. Ao longo deste período, segundo SOTO<sup>52</sup>, "os países em luta compreenderam que o vencedor seria aquele que tivesse melhor capacidade industrial e, para isto, era preciso manter maior número de trabalhadores em produção ativa".

Em 1947, R.H. Simonds propôs um método para cálculo do custo de acidentes, que enfatizava a necessidade de se realizar estudos-pilotos, em todas as empresas, sobre os custos associados a quatro tipos de acidentes: lesões incapacitantes, casos de assistência médica, casos de primeiros socorros e acidentes sem lesões. Simonds também propôs a substituição dos termos custo direto e custo indireto por custo segurado e custo não-segurado, respectivamente, muito utilizados hoje em dia em gerenciamento de riscos.

Durante a década de 50, desenvolveu-se, nos Estados Unidos, uma conscientização no sentido de se valorizar os programas de prevenção de riscos de danos materiais e, em 1965, o



Conselho Nacional de Segurança dos EUA concluiu que o país havia perdido US\$ 7,2 bilhões em acidentes com danos materiais e US\$ 7,1 bilhões em acidentes com danos pessoais nos últimos dois anos, sendo que, em 1964, os danos materiais resultantes de acidentes no trânsito e, em 1965, os danos materiais resultantes de acidentes nas empresas somavam juntos US\$ 2,8 bilhões. Também durante esta década, cabe um parêntese especial sobre a mudança do mundo industrial, com o surgimento da "terceira onda industrial", iniciada pelo Dr. W. Eduard Deming, em 1950, no Japão, com sua teoria de excelência na qualidade. Deming, *apud* SETTI<sup>50</sup>, ensinou aos japoneses a maneira como organizar e dirigir suas indústrias, "...aplicando, de forma rigorosa, o conceito de qualidade nos produtos e serviços..."

Em 1953, a Recomendação nº. 97, da Conferência Internacional do Trabalho, especificou dois métodos básicos para a proteção da saúde dos trabalhadores: o acompanhamento médico de cada trabalhador e as medidas técnicas para prevenir, reduzir ou eliminar riscos do ambiente de trabalho. Conforme FERNANDEZ<sup>19</sup>, estas recomendações foram seguidas de forma diferenciada pelos Estados Unidos e pela Europa. O primeiro deu maior ênfase aos aspectos técnicos que controlavam os níveis de exposição a agentes físicos e químicos, enquanto que, na Europa, o caminho seguido se destacou por uma dedicação maior ao diagnóstico e aos aspectos clínicos da proteção da saúde.

Em 1966, Frank E. Bird Jr. publicou os resultados de seu estudo junto à companhia siderúrgica Luckens Steel, com mais de 5000 trabalhadores, situada na Filadélfia, onde analisou 90.000 acidentes ocorridos na empresa durante os 7 anos anteriores. Os resultados obtidos por Bird são apresentados na figura 2.2, a seguir.

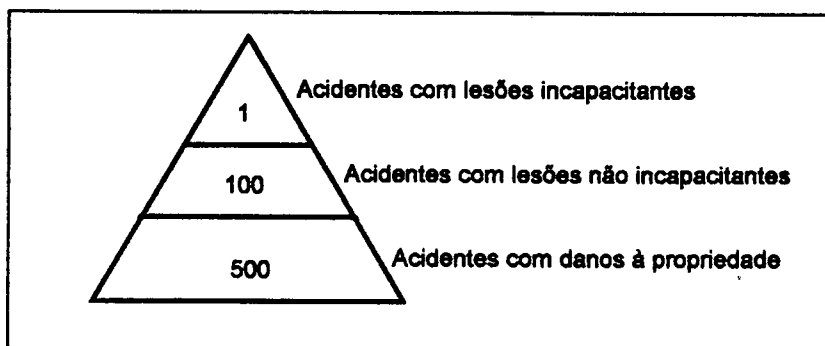


Figura 2.2 - Pirâmide resultante dos estudos de Bird.

Bird apresentou, com base em dados e projeções estatísticas e financeiras, a sua teoria de Controle de Danos. Esta teoria tinha, como finalidade principal, reduzir ou eliminar as perdas dos acidentes com danos materiais, sem descuidar dos acidentes com danos pessoais. Os quatro aspectos principais em que se baseava o desenvolvimento de programas de controle de perdas eram: informação, investigação, análise e revisão do processo. Mais tarde, Bird, já com fortes influências do trabalho apresentado por J.A.Fletcher e H.M.Douglas, nomeou a sua teoria como Controle de Perdas e o procedimento gerencial como Administração do Controle de Perdas.

Em 1969, a Insurance Company of North America publicou um estudo, realizado sob o comando de Frank E. Bird Jr., então Diretor de Segurança, que consistia de um resumo, com fundamentos estatísticos, da análise de 1.753.498 ocorrências obtidas do levantamento de 297 empresas que empregavam 1.750.000 pessoas. Este estudo, além de contar com dados mais precisos e representativos que os obtidos anteriormente por Bird, introduzia também,

nas estatísticas, os números relacionados aos "quase-acidentes"\*. Os resultados deste estudo são apresentados a seguir na figura 2.3.

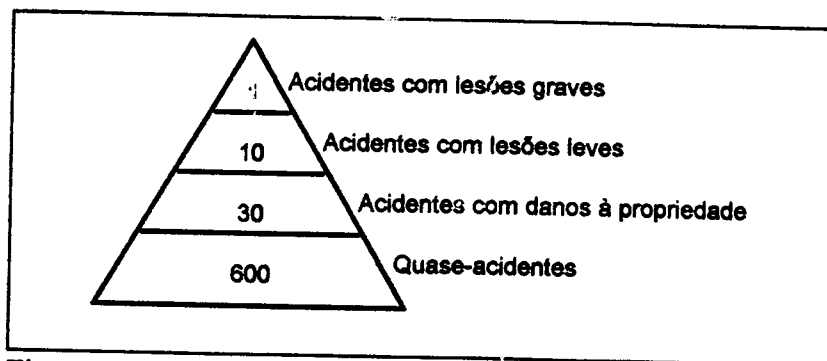


Figura 2.3 - Pirâmide resultante dos estudos da ICMA.

Em 1970, no Canadá, John A. Flecher e Hugh M. Douglas apresentaram um trabalho, baseado nos estudos de Bird, onde aplicavam os princípios do Controle de Danos de forma extensiva a todos os acidentes passíveis de ocorrência dentro de um sistema, ou seja, acidentes com máquinas, materiais, instalações, meio ambiente, etc. Desta forma, introduziam o conceito de Controle Total de Perdas.

Os estudos desenvolvidos, até então, tanto por Bird quanto por Fletcher, constituíam-se apenas de práticas administrativas, sendo negligenciados os problemas que exigiam uma análise técnica mais acurada.

Partindo desta observação, em 1972, Willie Hammer, engenheiro especialista em Segurança de Sistemas, área intimamente relacionada à Engenharia de Confiabilidade, e com larga experiência em projetos aero-espaciais dos EUA, ampliou os conceitos, com relação ao estabelecimento de segurança de sistemas, defendendo a previsão de acontecimentos para organizar a identificação e o manejo de riscos, ao invés da análise de eventos *a posteriori*. Desta forma, Hammer alertou para a necessidade de se incluir um reforço complementar, do ponto de vista da engenharia, nos programas de administração e controle de riscos desenvolvidos até então. Segundo Hammer, as atividades administrativas eram muito importantes, mas existiam problemas técnicos que teriam obrigatoriamente que ter soluções técnicas. Os estudos de Hammer ajudaram a compreender melhor os chamados erros humanos, muitas vezes provocados por projetos deficientes e que, por isso, deveriam ser debitados à organização e não ao executante. O enfoque sistêmico apresentado por Hammer estabelece a responsabilidade, quando da elaboração de um produto, para prevenir riscos inerentes aos bens e serviços que farão uso deste produto, evitando o transpasse de possíveis danos aos usuários do mesmo.

Na América Latina, os primeiros sinais do prevencionismo foram motivados pelos movimentos sociais iniciados na década de 20. Em 1947, vários países implantaram serviços de higiene e segurança, incentivados pelo programa de ajuda norte-americana, iniciado em Lima e dirigido pelo engenheiro John J. Bloomfield.

No Chile, durante a década de 70, Frank E. Fernández divulgou os conceitos de Controle Total de Perdas. Hernán Henríquez Bastias, na mesma década, recorrendo a

\* Acidentes sem lesão ou danos visíveis.

conceitos e técnicas de engenharia, desenvolveu uma estratégia que orientava os programas de prevenção de acidentes ao Controle Total de Perdas, a qual denominou de Engenharia de Prevenção de Perdas. Esta é definida por BASTIAS<sup>5</sup>, como a "ação de prevenir todos os fatos negativos que distorcem um processo de trabalho, impedindo que se cumpra o programado, e que podem provocar danos às pessoas ou aos elementos materiais que se empregue". Segundo Bastias, o programa estava fundamentado em quatro ações básicas: capacitação em Prevenção de Perdas; estudos e investigações; projeto de sistemas; e avaliação dos resultados.

No Brasil, os primeiros passos prevencionistas surgiram com a criação do Ministério do Trabalho, na década de 30. No entanto, desde 1919 o país contava com uma lei de acidentes do trabalho, a qual foi reformulada em 1934, mas continuou deficiente em termos prevencionistas, pois preocupava-se apenas com a compensação do acidentado e não com a prevenção de lesões. Apenas em 1941 foi incluído um capítulo sobre prevenção de acidentes e, em 1943, foi lançada a Campanha Nacional de Prevenção de Acidentes. Porém, somente em fins da década de 70 e início da década de 80, é que trabalhos sobre prevenção e controle de perdas começaram a ser divulgados, impulsionados por órgãos como a ABPA\* e a Fundacentro\*\*.

Com a evolução das políticas prevencionistas, passou-se a analisar mais criteriosamente os riscos industriais e os métodos para reduzir os mesmos, valendo-se da filosofia de prevenção de perdas para a tomada de decisões técnicas e gerenciais, tanto a nível de prevenção de acidentes do trabalho, como de acidentes catastróficos envolvendo as instalações, o meio ambiente e o público em geral.

Sob esta ótica, a prevenção de perdas e, consequentemente, a Gerência de Riscos, são caracterizadas pelo seu envolvimento com a evolução da tecnologia e com os riscos associados a este desenvolvimento, conferindo uma abordagem gerencial e sistêmica ao tratamento de problemas relativos a acidentes e riscos industriais.

### 2.3. TERMOS FUNDAMENTAIS EM GERENCIAMENTO DE RISCOS

Para que haja um melhor entendimento do assunto tratado por este capítulo, se faz necessário a colocação consistente e o entendimento da terminologia técnica e de alguns conceitos empregados, além dos já apresentados no item 1.2 do capítulo anterior, o qual estabeleceu as definições de risco.

Antes de apresentarmos algumas definições, é importante salientar que muitos autores não fazem distinção quando tratam de termos como risco e perigo, ou acidente e incidente, o que ocasiona graves problemas de desvios de compreensão e comunicação. Portanto, estes e outros termos serão analisados a seguir.

SELL<sup>49</sup> apresenta a Teoria dos Portadores de Perigo, desenvolvida por SKIBA<sup>51</sup> e aperfeiçoada por KIRCHNER<sup>33</sup>, a qual parte da sistematização do evento acidente. Segundo esta teoria, "um perigo é uma energia danificadora, a qual, se ativada, pode provocar danos corporais (lesões) e/ou danos materiais", sendo que esta energia pode estar associada tanto

\* Associação Brasileira para a Prevenção de Acidentes, fundada em 1941.

\*\* Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, órgão vinculado ao Ministério do Trabalho, criado pela Lei n°. 5161, de 21.10.1966

uma pessoa como a um objeto. KIRCHNER<sup>33</sup> denomina o perigo relacionado ao primeiro tipo de energia de perigo indireto e, ao segundo tipo de energia, de perigo direto. O modelo de Kirchner que representa a gênese de acidentes do trabalho é transcrito na figura 2.4 abaixo.

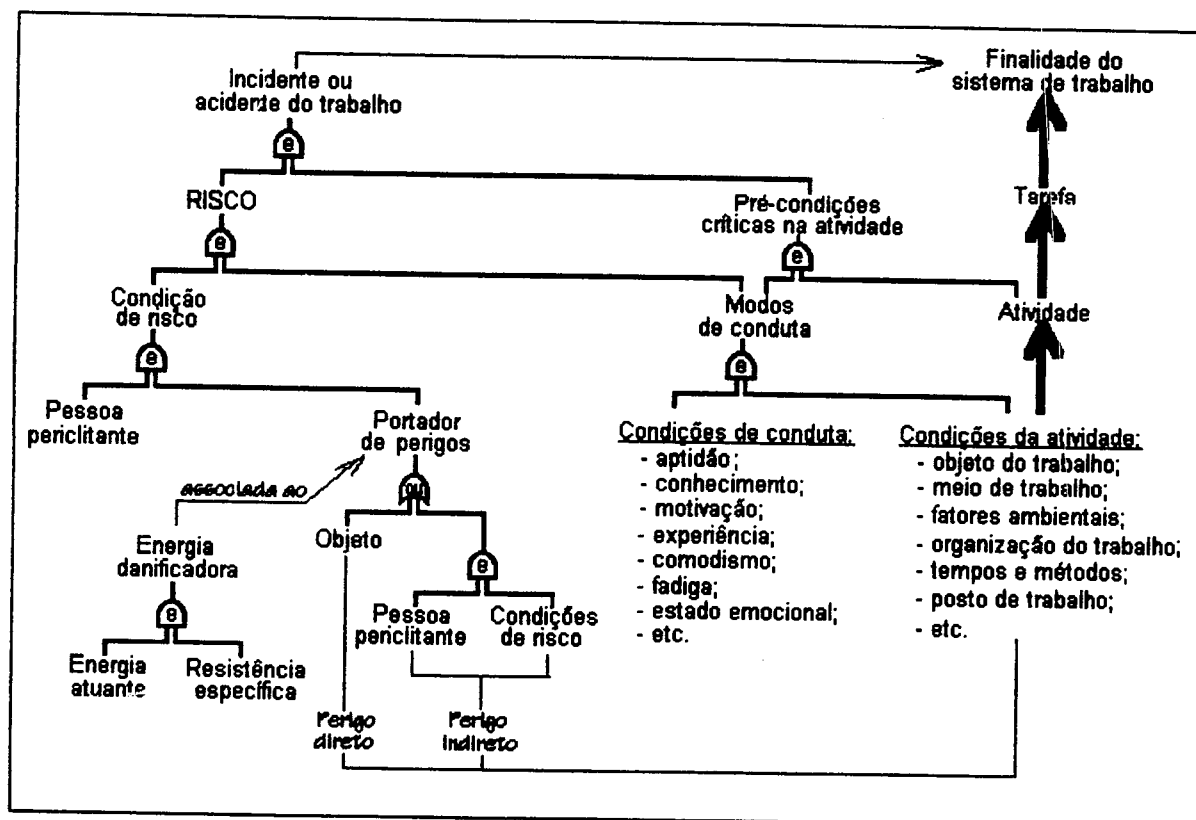


Figura 2.4 - Modelo de Kirchner sobre a gênese de acidentes do trabalho.

Segundo SELL<sup>49</sup>, o modelo mostra que tanto uma pessoa como um objeto, ou a combinação de ambos, podem ser portadores de perigos. A cada portador de perigos está associada uma energia danificadora, resultante da diferença entre a energia atuante sobre a pessoa e/ou objeto e a resistência específica de cada um. Caso esta diferença seja positiva, a energia danificadora possui potencial para ocasionar danos, caso contrário não resulta em danos.

O contato entre a pessoa periclitante e o portador de perigos resulta em uma condição de risco, a qual, em união com os modos de conduta da pessoa, resultam na geração de riscos. Na presença dos riscos e de determinadas pré-condições críticas presentes na atividade desenvolvida pela pessoa, as quais são influenciadas pelos modos de conduta da pessoa e pelas condições da atividade, é que ocorrem, dependendo das condições, acidentes ou "quase-acidentes".

Neste sentido, SELL<sup>49</sup> conceitua acidente como "... uma colisão repentina e involuntária entre pessoa e objeto, que ocasiona danos corporais e/ou materiais". Um acidente pode também ser entendido como uma perturbação no sistema de trabalho, que prejudica ou impede o alcance dos objetivos deste sistema. Segundo SOTO<sup>52</sup>, um acidente do trabalho é "... uma ocorrência inesperada, que interrompe ou interfere no processo normal de uma atividade, ocasionando perda de tempo, lesões nos trabalhadores ou danos materiais".

Um "quase-acidente", também reconhecido por incidente crítico ou simplesmente incidente, é um acontecimento que, apesar de possuir potencial para causar danos, não se manifesta em sua plenitude, ou seja, os danos resultantes deste evento não são percebidos a nível macroscópico.

Assim, todo acidente ou incidente é precedido por uma ou mais causas, ou seja, fatores, de caráter material e/ou humano, que combinados resultam no evento indesejado. SETTI<sup>50</sup>, divide as causas de acidentes, em função de sua origem, em causas especiais e causas comuns, considerando a primeira como aquelas causas que o trabalhador pode corrigir (por exemplo, usar uma ferramenta adequada, não restituir a proteção de uma máquina, etc.) e a segunda como aquelas causas ocultas, cabendo somente à gerência tomar alguma atitude para solucioná-las (por exemplo, falta de treinamento, projetos incorretos, falta de políticas concretas, etc.).

O termo dano é definido por DE CICCIO e FANTAZZINI<sup>13</sup>, como "a severidade da lesão, ou a perda física, funcional ou econômica, que podem resultar se o controle sobre um risco é perdido". Um dano financeiro, ou prejuízo, sofrido por uma organização, sem a possibilidade de ressarcimento, é considerado como uma perda. Um prejuízo sofrido pela empresa com possibilidade de ressarcimento, seja por seguro ou por outros meios, é considerado como um sinistro. Segundo ARRUDA<sup>3</sup>, o sinistro é a efetivação do risco previsto no contrato de seguro.

Por fim, sob um ponto de vista prevencionista, surge o termo segurança, que para muitos significa a isenção de riscos. Porém, em termos práticos, é impossível que um sistema em operação consiga atingir um grau de "risco zero". Desta forma, segurança é entendida por DE CICCIO e FANTAZZINI<sup>13</sup> como "um compromisso acerca de uma relativa proteção de exposição a riscos". REUTER<sup>44</sup> conceitua, especificamente, segurança do trabalho como "um estado de convivência pacífica dos componentes do trabalho (recursos humanos, materiais, meio ambiente)".

## **2.4. NATUREZA DOS RISCOS EMPRESARIAIS**

Conforme DE CICCIO e FANTAZZINI<sup>13</sup>, os riscos empresariais podem ser classificados, quanto à sua natureza, em riscos especulativos (dinâmicos) e riscos puros (estáticos), sendo que os riscos especulativos envolvem uma possibilidade de perda ou ganho financeiro, enquanto que os riscos puros apresentam apenas a possibilidade de perda financeira.

A taxionomia dos riscos empresariais, resultante da análise dos trabalhos de DE CICCIO<sup>12</sup>, e DE CICCIO e FANTAZZINI<sup>13</sup>, pode ser melhor observada na figura 2.5, apresentada na próxima página.

Os riscos especulativos podem ser subdivididos em riscos administrativos, riscos políticos e riscos de inovação, conforme apresentado pela figura 2.5.

Os riscos administrativos estão relacionados ao processo de tomada de decisões gerenciais, e podem ser subdivididos ainda em riscos de mercado, riscos financeiros e riscos de produção.

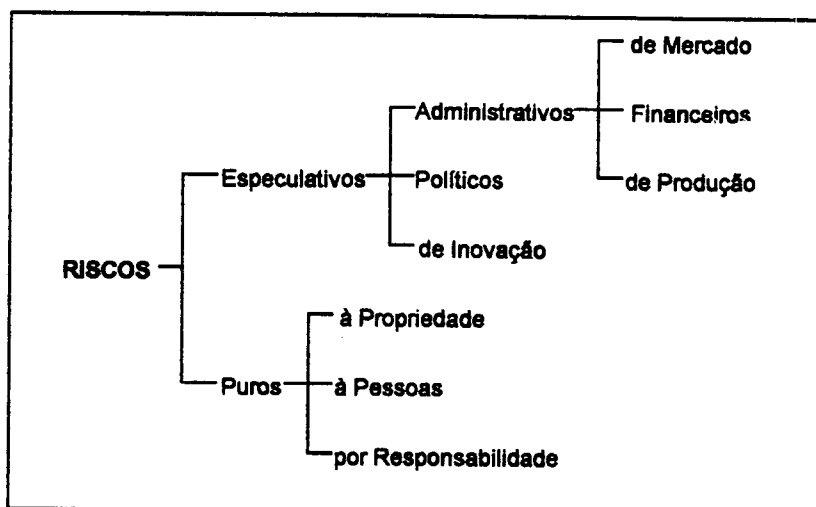


Figura 2.5 - Taxionomia dos tipos de riscos empresariais.

Os riscos de mercado representam a incerteza quanto à venda de determinado produto ou serviço; os riscos financeiros estão associados às decisões quanto à política econômico-financeira da empresa; e os riscos de produção envolvem a confiabilidade dos sistemas produtivos integrantes da empresa, ou seja, matérias primas, equipamentos, mão-de-obra e tecnologia utilizados.

Para ANSELL e WHARTON<sup>1</sup>, os riscos de inovação representam a estratégia de ação da empresa frente ao mercado e, em economias crescentes e competitivas, que estão sendo constantemente sofisticadas tecnologicamente, a adequada administração destes riscos representa a sobrevivência da empresa no mercado. Para tal, a empresa deve permanentemente investir no desenvolvimento de novos produtos e serviços e no uso de novas tecnologias. É justamente neste ponto, na necessidade da tomada de decisões em termos de investimento de capital, que reside a incerteza e o risco de obtenção de lucro ou prejuízo.

Para complementar os riscos de natureza especulativa, restam os riscos políticos, os quais são provenientes da política adotada pelo Estado, uma vez que decretos, portarias, leis, etc., podem concitar as decisões da empresa.

Os riscos puros, os quais não envolvem a possibilidade de lucro, sendo o seu resultado apenas o prejuízo, são aqueles que podem ser resultantes de danos à pessoas, à propriedade ou a terceiros. Os prejuízos decorrentes de danos à propriedade são provenientes de incêndios e/ou explosões, vandalismo, roubo, sabotagem, danos aos equipamentos, ações naturais (ventos, inundações, etc.), etc. Os riscos à pessoas são aqueles que podem resultar em doenças ou acidentes do trabalho (morte, invalidez permanente, etc.). Por último, mas de grande importância nos dias atuais, encontram-se os riscos por responsabilidade, que são aqueles que resultam em prejuízos por danos a terceiros (pagamento de indenizações por lesões ou morte, pensões, etc.) e por danos ao meio ambiente.

Segundo DE CICCIO<sup>12</sup>, pode-se também classificar os riscos puros, sob o aspecto de frequência e gravidade, em riscos leves, graves ou catastróficos. Os riscos leves são aqueles cujo prejuízo financeiro resultante é baixo, podendo ser assimilado integralmente pela empresa. Os riscos graves são aqueles cuja perda é significativa para a empresa e só podem ser assumidos sob determinadas condições que assegurem a mitigação de seus resultados. Os

riscos puros considerados catastróficos são aqueles que, caso venham a se concretizar, resultam em prejuízos de grande monta para a empresa com possibilidade de colapso financeiro, sendo, portanto, transferidos a terceiros.

SELL<sup>49</sup> classifica os riscos puros em grandes, médios e pequenos. Um risco grande é aquele que, caso ocorra, ameaça a existência da empresa. Um risco médio é aquele que o seu acontecimento impede o alcance dos objetivos da empresa. E um risco pequeno é aquele que obriga a adoção de outros meios para o alcance dos objetivos da empresa.

## 2.5. GERÊNCIA DE RISCOS - CONCEITOS E PRINCÍPIOS

Por ser uma área relativamente nova, principalmente no Brasil, onde foi introduzida somente no final da década passada, e por ainda não possuir um caráter científico, muitas divergências são encontradas nos trabalhos analisados que versam sobre o assunto Gerência de Riscos. Deste modo, cabe salientar que a descrição feita neste item se baseia nos padrões americanos e espanhóis, defendidos também pelos autores De Cicco e Fantazzini, os quais tratam a Gerência de Riscos como uma ciência, que engloba diversas etapas, as quais serão analisadas neste item. Outros autores enquadram o gerenciamento de riscos como uma etapa de um processo, precedido pela análise e avaliação dos riscos.

A Gerência de Riscos, *a priori*, baseia-se na identificação, análise, avaliação e tratamento dos riscos puros dentro de uma empresa, com o objetivo de minimizar a possibilidade e a probabilidade de ocorrência de incidentes e acidentes, melhorando a segurança e reduzindo os gastos com seguros. No entanto, muitas das técnicas de gerenciamento de riscos podem ser aplicadas ao estudo e tratamento dos riscos especulativos. Os princípios básicos constituintes de um processo de gerenciamento de riscos podem ser observados na figura 2.6, abaixo.

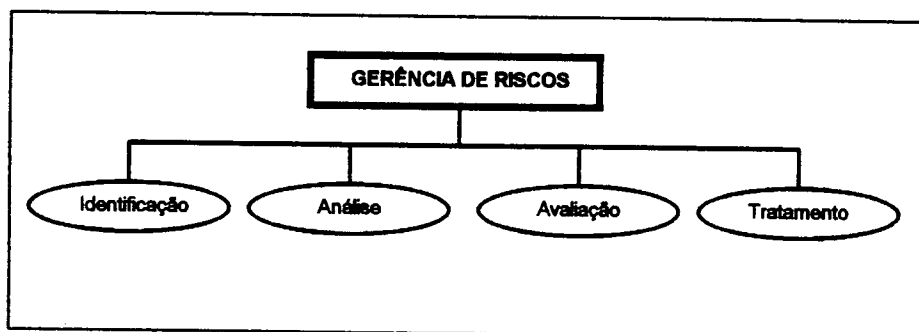


Figura 2.6 - Princípios básicos do processo de gerenciamento de riscos.

SELL<sup>49</sup> afirma que o gerenciamento de riscos consiste do levantamento, avaliação e domínio sistemático dos riscos da empresa, fundamentados em princípios econômicos. Também salienta que o domínio dos riscos é tarefa essencial da direção da empresa, sendo o objetivo primário do gerenciamento de riscos garantir a satisfação das metas almejadas pela empresa, minimizando a possibilidade de ocorrência de eventos perturbadores que prejudiquem o funcionamento normal da mesma.

Segundo DE CICCIO e FANTAZZINI<sup>13</sup>, "... Gerência de Riscos é a ciência, a arte e a função que visa a proteção dos recursos humanos, materiais e financeiros de uma empresa,

quer através da eliminação ou redução de seus riscos, quer através do financiamento dos riscos remanescentes, conforme seja economicamente mais viável". Portanto, o gerenciamento de riscos busca a diminuição de erros e falhas e o estabelecimento de planos de ação de emergência para a mitigação de acidentes, não se restringindo apenas à administração dos gastos com seguros, como muitas vezes é entendido.

De maneira geral, pode-se estabelecer um procedimento básico para o desenvolvimento de processos de gerenciamento de riscos como demonstrado na figura 2.7, abaixo.

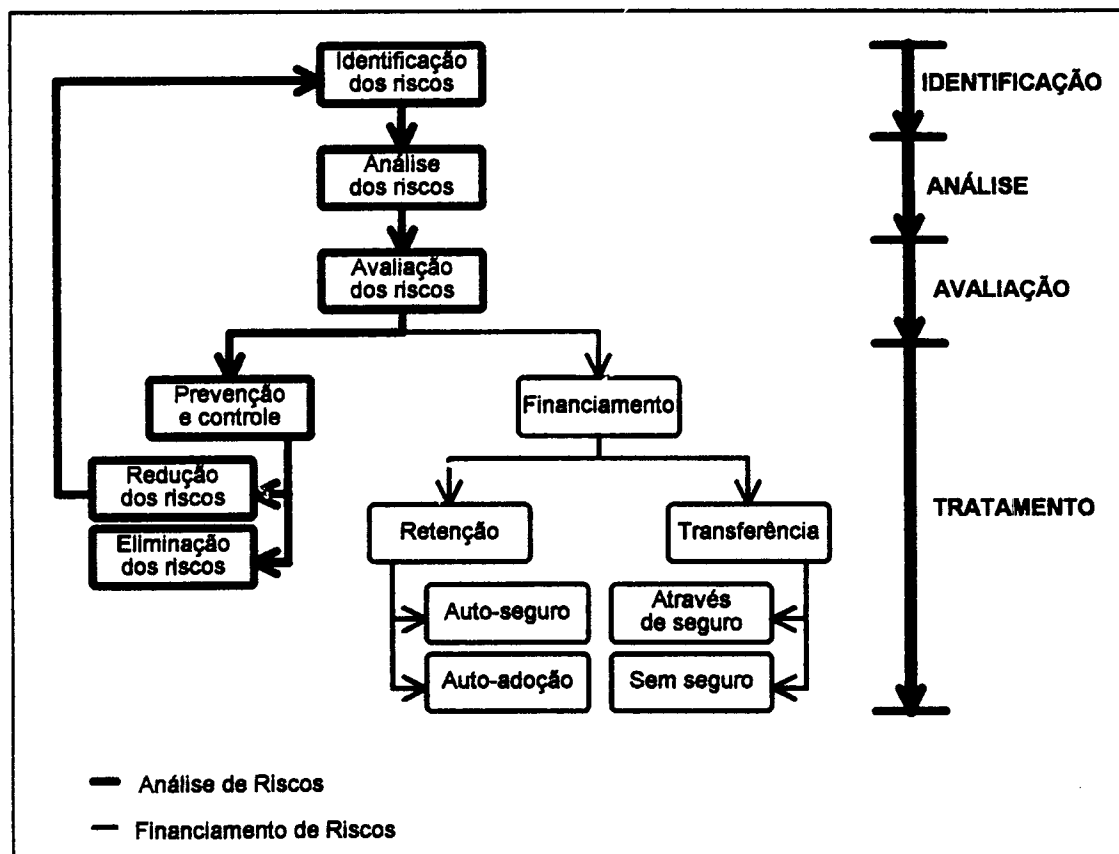


Figura 2.7 - Diagrama esquemático do processo de Gerência de Riscos.

O estabelecimento de etapas ou fases dentro de um processo de gerenciamento de riscos não é bem claro, devido à profunda ligação existente entre cada ponto do procedimento e, portanto, não existe unanimidade neste sentido. SELL<sup>49</sup> divide o processo de gerenciamento de riscos em quatro fases: a análise de riscos - na qual se procura reconhecer e avaliar os potenciais de perturbação dos riscos; a identificação das alternativas de ação - onde ocorre a decisão de evitar, reduzir, transferir ou assumir os riscos identificados; a elaboração da política de riscos; e, por fim, a execução e o controle das medidas de segurança adotadas. DE CICCIO e FANTAZZINI<sup>13</sup> preferem dividir o gerenciamento de riscos em três etapas: identificação e análise de riscos, avaliação de riscos e financiamento de riscos.

Com fins didáticos, prefere-se a divisão do processo de gerenciamento de riscos em duas fases relativamente distintas: a Análise de Riscos e o Financiamento de Riscos, cada um englobando os procedimentos assinalados na figura 2.7, apresentada anteriormente.



### 2.5.1. Análise de Riscos

A Análise de Riscos consiste no exame sistemático de uma instalação industrial (projeto ou existente) de sorte a se identificar os riscos presentes no sistema e formar opinião sobre ocorrências potencialmente perigosas e suas possíveis consequências. Seu principal objetivo é promover métodos capazes de fornecer elementos concretos que fundamentem um processo decisório de redução de riscos e perdas de uma determinada instalação industrial, seja esta decisão de caráter interno ou externo à empresa.

O procedimento global para o desenvolvimento de uma Análise de Riscos pode ser visualizado como segue:

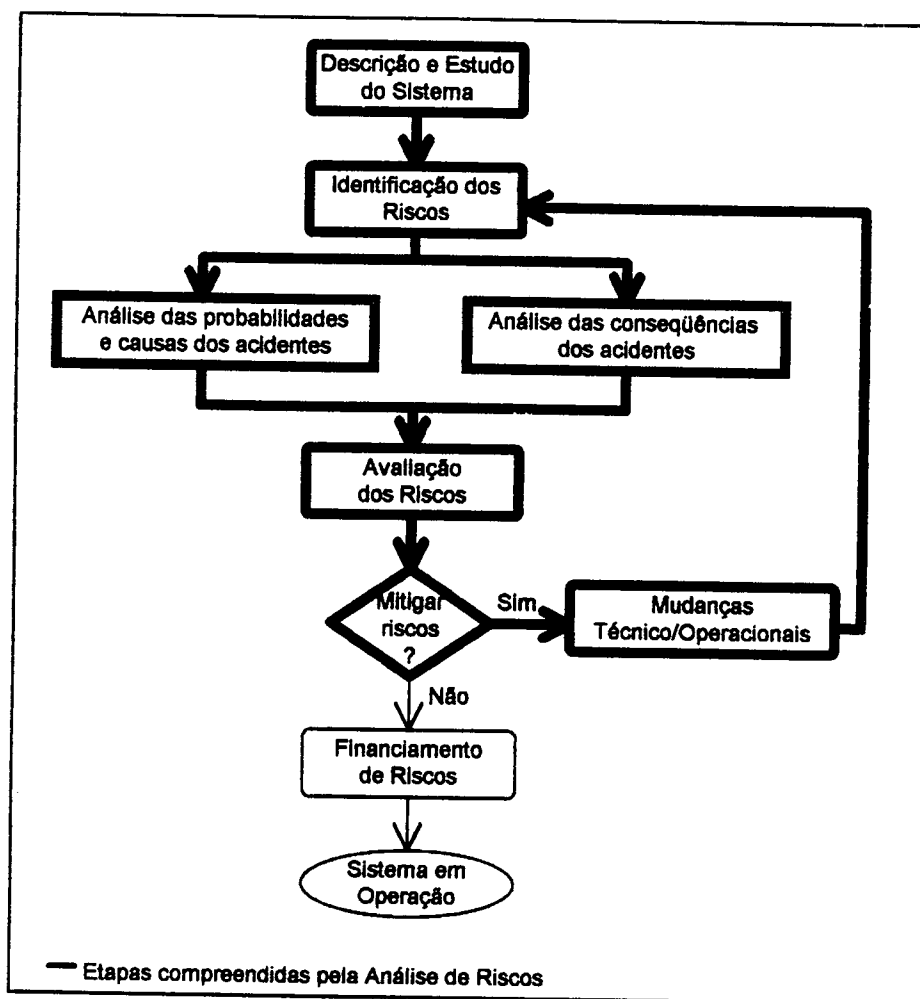


Figura 2.8 - Procedimento global de uma Análise de Riscos.

De um modo geral, a Análise de Riscos tem por objetivo responder a uma ou mais de uma das seguintes perguntas relativas à uma determinada instalação industrial:

- Quais os riscos presentes na planta e o que pode acontecer de errado?
- Qual a probabilidade de ocorrência de acidentes devido aos riscos presentes?
- Quais os efeitos e as consequências destes acidentes?
- Como poderiam ser eliminados ou reduzidos estes riscos?

Para responder à primeira questão, diversas técnicas qualitativas e quantitativas são utilizadas para a identificação dos eventos indesejáveis. Para a segunda questão, as taxas de

falhas de equipamentos e erros humanos (poucos são os dados disponíveis sobre as probabilidades de falha humana), determinadas por técnicas de Engenharia de Confiabilidade com base em banco de dados de falhas e acidentes, são combinadas com o uso de probabilidades matemáticas para fornecerem a frequência global de ocorrência do evento indesejável. A terceira questão é satisfeita pelo uso de modelos matemáticos de estimativa de consequência de acidentes enquanto que técnicas de controle de riscos cobrem a última questão.

Portanto, analisar um risco é identificar, discutir e avaliar as possibilidades de ocorrência de acidentes, na tentativa de se evitar que estes aconteçam e, caso ocorram, identificar as alternativas que tornam mínimos os danos subsequentes a estes acontecimentos.

### 2.5.1.1. Técnicas de Análise de Riscos

Prevenir, prever falhas e acidentes, minimizar consequências, auxiliar na elaboração de planos de emergência, estes são alguns dos objetivos da execução de Análise de Riscos em plantas industriais. No entanto, a consagração destes resultados requer a adoção de uma metodologia sistemática e estruturada de identificação e avaliação de riscos, fato este que se verifica através da utilização das técnicas de Análise de Riscos. Segundo FARBER<sup>17</sup>, as técnicas de Análise de Riscos permitem abranger todas as possíveis causas de acidentes com danos à propriedade, ao ambiente, financeiros e ao trabalhador.

Algumas das principais técnicas utilizadas pela Análise de Riscos não estão ainda suficientemente disseminadas e, conseqüentemente, popularizadas. A seguir, são apresentadas breves descrições sobre as técnicas de Análise de Riscos mais utilizadas:

- **Série de Riscos (SR)**

Este é uma técnica básica da Análise de Riscos que permite a determinação da sequência de riscos associados ao evento catastrófico, que é considerado o risco principal. A partir dos riscos iniciais ou básicos, são sequenciados todos os riscos subsequentes capazes de contribuir na série, resultando no risco principal.

- **Análise Preliminar de Riscos (APR) - Preliminary Hazard Analysis (PHA)**

Normalmente é a primeira técnica aplicada durante a Análise de Riscos de sistemas em fase de concepção e/ou projeto, principalmente quando do uso de novas tecnologias que carecem de maiores informações sobre os seus riscos. Através desta técnica, uma análise superficial dos riscos é realizada ainda na fase de projeto do processo, de modo que as mudanças necessárias, devido aos riscos identificados, não impliquem em gastos expressivos, sendo mais fácil a sua execução.

- **What-if (WI)**

Esta técnica examina ordenadamente as respostas do sistema frente às falhas de equipamentos, erros humanos e condições anormais do processo. Para desenvolvimento desta técnica, se faz necessário a constituição de uma equipe com conhecimentos básicos sobre o processo analisado e sobre sua operação. Esta equipe procura responder à questões do tipo "O que... se... ?" (por exemplo, "O que ocorreria se a válvula de alívio não abrisse na pressão especificada?") na tentativa de identificar os riscos potenciais presentes no processo. Este tipo de análise pode

ser aplicado a qualquer processo industrial em qualquer estágio de seu projeto ou desenvolvimento. No entanto, por não ser tão sistemática quanto outras técnicas de Análise de Riscos, sendo seus resultados extremamente dependentes da experiência e do conhecimento do grupo de análise, a técnica WI é normalmente utilizada como complemento ou parte auxiliar de outras técnicas como Checklist, HazOp e AMFE.

- **Checklist**

Os checklists são comumente usados para identificar os riscos associados a um processo e para assegurar a concordância entre as atividades desenvolvidas e os procedimentos operacionais padronizados. Através desta técnica, diversos aspectos do sistema são analisados por comparação com uma lista de itens pré-estabelecidos, criada com base em processos similares, na tentativa de descobrir e documentar as possíveis deficiências do sistema. Normalmente, os checklists são utilizados para embasar ou fortalecer os resultados obtidos por outras técnicas de Análise de Riscos. São comuns checklists de partes de equipamentos ou processos operacionais de unidades industriais e de procedimentos de segurança padronizados.

- **What-if/Checklist (WIC)**

Como o nome prevê, esta técnica une as características das técnicas What-if e Checklist, combinando o *brainstorming* gerado pela primeira com a característica sistemática apresentada pela segunda, resultando, desta forma, em uma análise mais detalhada e completa do sistema.

- **Técnica de Incidentes Críticos (TIC)**

Este é um procedimento relativamente novo dentro da Análise de Riscos, resultado de estudos no Programa de Psicologia de Avaliação da Força Aérea dos Estados Unidos. Esta técnica busca identificar os riscos de um sistema através da análise do histórico de incidentes críticos ocorridos, os quais são levantados por intermédio de entrevistas com as pessoas que possuem uma boa experiência sobre o processo em análise.

- **Análise de Modos de Falha e Efeitos (AMFE) - *Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)***

A AMFE envolve um estudo detalhado e sistemático das falhas de componentes e/ou sistemas mecânicos. Nesta análise, os modos de falhas de cada componente do sistema são identificados e os efeitos destas falhas no sistema são avaliados, sendo propostas medidas de eliminação, mitigação ou controle das causas e consequências destas falhas. Como este tipo de análise se preocupa essencialmente com componentes mecânicos de um sistema, problemas relacionados a processos químicos, os quais envolvem substâncias químicas reativas, podem ser negligenciados e, portanto, não devem ser analisados apenas pela AMFE.

- **Análise de Árvore de Falhas (AAF) - *Fault Tree Analysis (FTA)***

Esta técnica é uma metodologia de raciocínio dedutivo que parte de um evento, uma falha específica de um sistema, denominado evento topo, e busca determinar as relações lógicas de falhas de componentes e erros humanos que possam gerar este evento. A análise é realizada através da construção de uma árvore lógica,

partindo do evento topo para as falhas básicas. Esta técnica é muito utilizada para quantificar a frequência ou a probabilidade de falha de um sistema, ou seja, a sua confiabilidade.

- **Análise de Árvore de Eventos (AAE) - *Event Tree Analysis (ETA)***

Nesta análise, parte-se de um evento básico, resultante de uma falha específica de um equipamento ou erro humano, denominado evento iniciador, para determinar um ou mais estados subsequentes de falha possíveis. Deste forma, a AAE considera a ação a ser tomada pelo operador ou a resposta do processo para o evento inicial. A exemplo da técnica AAF, aqui também é desenvolvida uma árvore, partindo-se do evento iniciador, de sorte a quantificar as probabilidades de falha do sistema.

- **Estudo de Operabilidade e Riscos - *Hazard and Operability Studies (HazOp)***

O estudo de operabilidade e riscos foi desenvolvido para o exame eficiente e detalhado das variáveis de um processo, possuindo uma forte semelhança com a técnica AMFE. Através do HazOp, sistematicamente se identificam os caminhos pelos quais os equipamentos do processo podem falhar ou ser inadequadamente operados. A técnica é desenvolvida por uma equipe multidisciplinar, sendo guiada pela aplicação de palavras específicas - palavras-guia - a cada variável do processo, gerando os desvios dos padrões operacionais, os quais são analisados em relação às suas causas e consequências. Segundo ARENDT<sup>2</sup>, por ser completa, sistemática e relativamente fácil de ser aplicada, o HazOp é uma das técnicas de Análise de Riscos mais populares. A descrição detalhada desta técnica é apresentada no capítulo III.

Outras técnicas de análise menos utilizadas, mas que possuem grande importância em estudos de riscos, são apresentadas a seguir:

- ***Management Oversight and Risk Tree (MORT)***

Esta técnica possui os mesmos fundamentos da AAF, ou seja, baseia-se no desenvolvimento de uma árvore lógica, porém aplicada à estrutura organizacional e gerencial da empresa.

- **Técnica para Predição do Erro Humano - *Technique for Human Error Predicting (THERP)***

A técnica para predição do erro humano busca identificar as atividades humanas que possam gerar riscos dentro de um sistema, bem como estimar e analisar as falhas provenientes destes erros. Uma avaliação dos fatores que influenciam a performance de operadores, técnicos e outros trabalhadores de plantas industriais também é objetivo desta técnica. Geralmente é utilizada como auxiliar à AAF para a estimativa de taxas de falhas relativas a erros humanos.

- **Análise por Simulação Numérica Aleatória - *Random Number Simulation Analysis (RNSA)***

Esta técnica, desenvolvida em 1974, utiliza a AAF como fundamento, porém, ao invés de atribuir um valor probabilístico para o evento, trabalha com um intervalo de probabilidades no qual a falha possa ocorrer.

• **Índices de Risco Dow e Mond - *Relative Ranking - Dow and Mond Indices***

Os índices Dow e Mond fornecem um meio fácil e direto para estimativa dos riscos de uma planta industrial. Este método baseia-se na atribuição de penalidades e créditos a determinados aspectos da planta. Assim, aos materiais ou às condições do processo que podem contribuir para um acidente são atribuídas penalidades, enquanto que aos aspectos relativos à segurança da planta, que podem mitigar os efeitos de um acidente, são atribuídos créditos. Desta forma, as penalidades e os créditos são combinados resultando no índice relativo ao grau de risco da planta analisada.

• **Revisão de Segurança - *Safety Review***

Este é um método de revisão de uma instalação industrial *in loco*, ou seja, um grupo de especialistas no processo percorre a planta buscando identificar procedimentos operacionais errôneos ou condições de risco que possam levar a um acidente.

As técnicas de Análise de Riscos podem ser classificadas em qualitativas e quantitativas, ou ambas, conforme o objetivo a que se propõem e, principalmente, conforme a natureza dos seus resultados.

Quadro 2.5 - Natureza dos resultados de algumas técnicas de Análise de Riscos.

TÉCNICA	ANÁLISE E RESULTADOS
Série de Riscos (SR)	Qualitativa
Análise Preliminar de Riscos (APR)	Qualitativa
What-if/Checklist (WIC)	Qualitativa
Técnica de Incidentes Críticos (TIC)	Qualitativa
Estudo de Operabilidade e Riscos (HazOp)	Qualitativa
Análise de Modos de falha e Efeitos (AMFE)	Qualitativa e Quantitativa
Análise de Árvore de Falhas (AAF)	Qualitativa e Quantitativa
Análise de Árvore de Eventos (AAE)	Qualitativa e Quantitativa

Além das técnicas de Análise de Riscos apresentadas acima existem diversos instrumentos de apoio, que vem em auxílio à aplicação das técnicas, cobrindo principalmente os seguintes itens:

- Banco de dados de confiabilidade de equipamentos e sistemas.
- Banco de dados sobre materiais e corrosão.
- Banco de dados de falhas e acidentes na indústria.
- Programas computadorizados para simulação e cálculo da magnitude das consequências de eventos catastróficos, como incêndios, explosões, dispersão de gases tóxicos (Softwares: WHAZAN, EFFECT, SAFETI, etc.).
- Programas computadorizados para avaliação da vulnerabilidade de pessoas e de propriedades com base em funções de probabilidade.
- Etc.

Apesar de cada técnica de análise reunir características, em sua maioria, distintas, a escolha daquela que será utilizada em um procedimento de Análise de Riscos pode ser difícil, sendo que a decisão raramente é unitária. De fato a seleção normalmente envolve a escolha de várias técnicas de análise, as quais se complementam, para analisar diferentes partes do processo ou diferentes tipos de riscos associados ao sistema. Esta escolha se baseia no grau de especificidade que se pretende atingir com o desenvolvimento da Análise de Riscos, de tal forma que questões como os objetivos da análise, a gravidade dos riscos, a complexidade do

processo, a natureza dos sistemas envolvidos, as condições do processo, as informações e os dados necessários, o custo e o tempo gasto com a análise e, também, os pontos favoráveis de cada metodologia de análise devem ser consideradas antes da escolha das técnicas a serem utilizadas.

FARBER<sup>17</sup>, recomenda, primeiramente, o desenvolvimento de uma Análise de Riscos qualitativa, devido às técnicas qualitativas apresentarem uma relativa facilidade de execução e não necessitarem da utilização de recursos adicionais como softwares e cálculos matemáticos. As técnicas quantitativas complementam e aprofundam a análise qualitativa.

ARENDT<sup>2</sup>, salienta que, muitas vezes, uma técnica de análise detalhada e bem estruturada, como HazOp ou FMEA, deve ser usada como técnica básica para o desenvolvimento de uma Análise de Riscos de um processo. Em subsistemas do processo menos complexos ou onde os riscos sejam menores, deve-se fazer uso de técnicas como WIC, enquanto que em subsistemas mais complexos e com riscos mais severos deve-se desenvolver uma análise mais detalhada e, portanto, técnicas como AAF devem ser utilizadas nestes casos. Segundo o mesmo autor, o segredo está em selecionar as técnicas que melhor se adaptem às exigências da análise, utilizando uma técnica como base e complementando suas deficiências com outras técnicas de análise de maneira tal que se desenvolva um estudo eficiente mas que não se trabalhe demasiadamente o problema.

O quadro 2.6 a seguir apresenta um acidente catastrófico provocado tipicamente pelo desconhecimento e pela negligência acerca dos problemas operacionais de uma indústria, e busca alertar para o fato de que as técnicas de Análise de Riscos são pura perda de tempo caso sejam ignoradas as exigências básicas de segurança de uma unidade industrial.

Quadro 2.6 - Acidente catastrófico.

### **O Desastre de Bhopal**

*Em 3 de dezembro de 1984, numa fábrica da Union Carbide, em Bhopal, ocorreu uma grande liberação, para a atmosfera, de isocianato de metila, proveniente de um reservatório de estocagem. O gás tóxico acabou atingindo toda uma favela que se havia formado nos arredores da fábrica. De acordo com os relatos, houve contaminação do reservatório de isocianato com água e clorofórmio. Os contaminantes reagiram com parte do isocianato do reservatório, provocando a elevação da temperatura do seu conteúdo. O sistema de refrigeração do reservatório não estava funcionando. A válvula de segurança do reservatório se abriu, mas o sistema de lavagem de gases, que deveria absorver os vapores de isocianato liberados pela válvula, era sub-dimensionado, e o sistema de flare, que deveria ter queimado qualquer vapor residual que atravessasse o sistema de lavagem, estava fora de serviço. Neste acidente foram mortas cerca de 2500 pessoas, com um número de feridos talvez 10 vezes maior. Uma das causas mais importantes, geradoras do desastre de Bhopal, foi a falha em se manter equipamentos de segurança em boas condições de operação.*

Fonte: KLETZ<sup>34</sup>.

## **2.5.2. Financiamento de Riscos**

A etapa anterior contemplou a identificação, análise e avaliação dos riscos oriundos do processo, de sorte a formar um lastro informativo sobre as potencialidades das perdas e danos passíveis de ocorrência no sistema. O processo de gerenciamento de riscos é

complementado pelo tratamento dos riscos, na qual uma das seguintes decisões é tomada: eliminação, redução, retenção ou transferência dos riscos identificados.

As decisões de eliminação ou redução dos riscos do processo realimentam a etapa de Análise de Riscos, como demonstrado anteriormente pela figura 2.7. As alternativas de retenção e transferência de riscos constituem a etapa de Financiamento de Riscos e, segundo DE CICCIO e FANTAZZINI<sup>14</sup>, podem ser divididas em retenção de riscos através de auto-adoção ou auto-seguro e transferência de riscos a terceiros sem seguro ou através de seguro.

A retenção de riscos pela empresa implica na assunção das possíveis perdas financeiras acidentais decorrentes dos riscos do processo.

A auto-adoção de riscos pode ser intencional, quando a empresa prevê um percentual de perdas, consideradas inerentes e inevitáveis ao sistema, que são suportáveis pelo seu capital de giro, ou não-intencional, quando a empresa desconsidera a influência das perdas no seu ativo financeiro. Para DE CICCIO e FANTAZZINI<sup>14</sup>, a auto-adoção de riscos efetuada de maneira não-intencional pode ocasionar uma "... catastrófica situação econômico-financeira para a empresa".

Já o auto-seguro envolve um planejamento formal e o estabelecimento de um capital de reserva para perdas, podendo a assunção de riscos ser total ou parcial. No auto-seguro parcial, a empresa assume parte dos riscos e transfere o restante a terceiros, o que não ocorre caso a empresa adote o sistema de auto-seguro total, assumindo totalmente as perdas decorrentes da concretização dos riscos.

A transferência dos riscos a terceiros pode ser realizada sem seguro, ou seja, por meio de contratos, acordos ou outras ações, ou através de seguro convencional. No caso de transferência de riscos sem seguro, as responsabilidades, garantias e obrigações de ambas as partes envolvidas ficam devidamente explicitadas através de contratos específicos.

A transferência de riscos a terceiros através de seguro é feita sob as mesmas circunstâncias às quais estão sujeitas ao auto-seguro, só que, neste caso, a empresa seguradora assume a responsabilidade pelas perdas mediante o pagamento de determinado prêmio\*.

Segundo ARRUDA<sup>3</sup>, "seguro é a operação pela qual o segurado, mediante a paga de um prêmio e observância de cláusulas de um contrato, obriga o segurador a responder perante ele, ou perante quem tenha designado, por prejuízos ocorridos no objeto do seguro, consequentes dos riscos previstos no contrato, desde que a ocorrência de tais riscos tenha sido fortuita ou independente de sua vontade". Os contratos de seguro são constituídos de cláusulas gerais e particulares que definem as obrigações e os direitos tanto do segurado como do segurador.

As alternativas para seguro de riscos industriais apresentadas pela maioria das empresas brasileiras de seguros são: seguro tradicional (apólices de seguro individuais para cada tipo de risco), multiriscos, corte linear, riscos nomeados (apólice única englobando os riscos nomeados pelo segurado que estarão cobertos) e riscos operacionais (apólice única para todos os riscos, sendo que os riscos excluídos do seguro constam da apólice).

---

\* Custo do seguro para o segurado.

Conforme DE CICCIO e FANTAZZINI<sup>14</sup>, os riscos de uma empresa que devem ser transferidos por seguro são aqueles com baixa probabilidade de ocorrência e com alto potencial de perdas. Também recomendam a aplicação de mais de um método de financiamento, de tal forma que se encontre a melhor relação custo-benefício entre a reserva de capital e o pagamento de prêmios de seguro dentro do binômio riscos segurados/riscos não-segurados.



## CAPÍTULO III

### **ESTUDO DE OPERABILIDADE E RISCOS**

#### **HAZARD AND OPERABILITY STUDIES**

"PELA QUANTIDADE DE RISCOS QUE IDENTIFICOU E PELO NÚMERO DE AÇÕES QUE PRODUZIU, EM RELAÇÃO AO TEMPO GASTO NA APLICAÇÃO, CONSIDERAMOS ESTA TÉCNICA ESSENCIAL À OBTENÇÃO DE SEGURANÇA NO PROJETO E NA OPERAÇÃO DAS INSTALAÇÕES."

BENEDITO CARDELLA<sup>6</sup>

### **3.1. APRESENTAÇÃO**

O estudo de operabilidade e riscos (HazOp) é uma metodologia de Análise de Riscos que foi desenvolvida para identificar riscos e problemas operacionais em plantas de processos industriais, os quais, apesar de aparentemente não apresentarem riscos imediatos, podem comprometer a produtividade e a segurança da planta. Apesar de ter sido desenvolvido originalmente para análise qualitativa de riscos e problemas operacionais principalmente quando da utilização de novas tecnologias, onde o conhecimento sobre a operacionalidade das mesmas é escasso ou inexistente, esta técnica tem sido efetivamente utilizada em qualquer estágio da vida útil de plantas industriais.

A técnica de Análise de Riscos HazOp orienta a realização de um estudo eficiente, detalhado e completo sobre as variáveis envolvidas no processo. Através da utilização do HazOp, é possível identificar sistematicamente os caminhos pelos quais os equipamentos que constituem o processo industrial podem falhar ou serem inadequadamente operados, o que levaria à situações de operação indesejadas.

O HazOp atualmente tem sua maior aplicação em projetos de novas unidades industriais e em ampliações de unidades já existentes, principalmente devido a algumas imposições legais. Porém, as instalações industriais em operação, quando não sujeitas à modificações, não tem sido objeto de aplicação de HazOp ou qualquer outro método sistemático de Análise de Riscos.

Apesar de se tratar de uma técnica desenvolvida na década de 60, pela indústria química ICI, não existe ainda uma padronização quanto ao seu uso, quanto as formas de apresentação dos resultados obtidos e sobre como conduzir eficientemente o estudo. Este é um dos fatores que muitas vezes afastam os analistas desta técnica. Deste modo, o objetivo principal deste capítulo é fundamentar a técnica HazOp. Além disso, buscamos, também neste capítulo, introduzir o HazOp como um processo de aquisição e representação do conhecimento sobre um domínio, no caso uma planta industrial, de modo que este possa ser implementado como base de conhecimentos de uma ferramenta computacional a ser utilizada em instrução programada, a qual será apresentada nos capítulos seguintes.

Os conceitos e os procedimentos que serão apresentados a seguir baseiam-se, principalmente, no modelo de HazOp apresentado pela AIChE, em sua publicação *Guidelines for Hazard Evaluation Procedures*<sup>26</sup>, e, em menor proporção, no trabalho de KLETZ<sup>34</sup>.

### 3.2. DESCRIÇÃO GERAL DA TÉCNICA

Fundamentalmente, o HazOp é uma técnica estruturada que foi desenvolvida para identificar riscos de uma instalação industrial mas que procura, principalmente, identificar problemas referentes aos procedimentos operacionais que possam levar a danos materiais e/ou humanos. Desta forma, o HazOp não é uma determinação de falhas por excelência, mas uma avaliação não quantificada dos riscos e dos problemas operacionais presentes em um processo industrial.

O HazOp baseia-se na revisão da planta através de uma série de reuniões, durante as quais um grupo composto de diversos especialistas realiza um *brainstorming* sobre o projeto da planta em busca de riscos, seguindo uma estrutura pré-estabelecida. Uma das grandes vantagens deste *brainstorming* é que ele estimula a criatividade e gera idéias, através da interação do grupo com os diversos *backgrounds* de seus integrantes. Desta forma, esta técnica oferece aos integrantes da equipe a oportunidade de liberarem sua imaginação, pensando em todos os modos pelos quais um evento indesejado possa ocorrer ou um problema operacional possa surgir.

No entanto, para minimizar a possibilidade de que algo seja omitido, a reflexão é executada de maneira sistemática: cada circuito é analisado, linha por linha, para cada tipo de desvio passível de ocorrência nos parâmetros de funcionamento do processo. Para a finalidade de um HazOp, uma linha é uma conexão por tubulação (ou qualquer outro meio) entre dois equipamentos industriais principais. A equipe de estudo usa desenhos da instalação, parâmetros de processo e palavras-guia no estudo de uma dada instalação, que aplicados a pontos específicos - nós-de-estudo - dos fluxogramas do processo, usualmente em linhas de transporte de fluidos entre dois equipamentos, têm como objetivo evidenciar riscos potenciais nesses pontos.

A aplicação mais eficaz do HazOp ocorre quando o estudo é desenvolvido com base no projeto básico da planta, pois a partir deste ponto o sistema está suficientemente definido para permitir respostas significativas às questões emergentes do procedimento do HazOp. Além do mais, neste ponto, qualquer alteração que necessite ser realizada, em função dos riscos analisados, pode ser feita com um custo relativamente baixo.

O sucesso ou o fracasso de uma Análise de Riscos de um processo industrial com base na técnica HazOp depende de fatores como: a integridade e a precisão dos dados utilizados como base para desenvolvimento do estudo, a experiência técnica e o grau de especificidade do estudo alcançado pelo grupo, bem como a habilidade da equipe em utilizar a técnica como um meio auxiliar para promover o *brainstorming*, visualizando desvios, causas e consequências dos riscos identificados, e também a capacidade do grupo em concentrar-se nas situações que apresentem os maiores danos ao sistema.

Dado o exposto até o momento, percebe-se que o HazOp é um método de grande importância para estudos de identificação de riscos e prevenção de problemas operacionais em um processo industrial. Nos itens que se seguem, será esmiuçado o procedimento recomendável para o desenvolvimento da técnica, segundo a bibliografia analisada, para se tirar o maior proveito desta metodologia de Análise de Riscos. Cabe salientar que a principal utilização da técnica apresentada é para processos contínuos, porém, com pequenas modificações, pode ser aplicada a processos descontínuos, como será visto.

### 3.3. CONCEITOS FUNDAMENTAIS

O processo de execução de um estudo de HazOp é estruturado e sistemático. Portanto, se faz necessário o entendimento de alguns termos específicos que são utilizados no desenvolvimento de uma Análise de Riscos desta natureza:

- **Nós-de-estudo** (*Study Nodes*): são os pontos do processo, localizados através dos fluxogramas da planta, que serão analisados nos casos em que ocorram desvios.
- **Intenção de operação**: a intenção de operação define os parâmetros de funcionamento normal da planta, na ausência de desvios, nos nós-de-estudo.
- **Desvios**: os desvios são afastamentos das intenções de operação, que são evidenciados pela aplicação sistemática das palavras-guia aos nós-de-estudo (p. ex., mais pressão), ou seja, são distúrbios provocados no equilíbrio do sistema.
- **Causas**: são os motivos pelos quais os desvios ocorrem. A partir do momento em que um desvio tenha demonstrado possuir uma causa aceitável, ele pode ser tratado como uma ocorrência significativa e analisado adequadamente. As causas dos desvios podem advir de falhas do sistema, erro humano, um estado de operação do processo não previsto (p. ex., mudança de composição de um gás), distúrbios externos (p. ex., perda de potência devido à queda de energia elétrica), etc.
- **Consequências**: as consequências são os resultados decorrentes de um desvio da intenção de operação em um determinado nó-de-estudo (p. ex., liberação de material tóxico para o ambiente de trabalho).
- **Parâmetros de processo**: são os fatores ou componentes da intenção de operação, ou seja, são as variáveis físicas do processo (p. ex., vazão, pressão, temperatura) e os procedimentos operacionais (p. ex., operação, transferência).
- **Palavras-guia ou Palavras-chave** (*Guide Words*): são palavras simples utilizadas para qualificar os desvios da intenção de operação e para guiar e estimular o grupo de estudo ao *brainstorming*. As palavras-guia são aplicadas aos parâmetros de processo que permanecem dentro dos padrões estabelecidos pela intenção de operação. Aplicando as palavras-guia aos parâmetros de processo, em cada nó-de-estudo da planta em análise, procura-se descobrir os desvios passíveis de ocorrência na intenção de operação do sistema. Assim, as palavras-guia são utilizadas para levantar questões como, por exemplo: "O que ocorreria se houvesse mais... ?" ou "O que aconteceria se ocorresse fluxo reverso?".

Diversos tipos de palavras-guia são utilizados, dependendo da aplicação da técnica. O quadro 3.1, na página seguinte, apresenta as palavras-guia mais utilizadas para o desenvolvimento de um HazOp acompanhadas de seus significados.

Quadro 3.1 - Palavras-guia e seus significados.

Palavras-Guia	Significados
Não / Nenhum	Negação da intenção projetada.
Mais (mais alto)	Acréscimo quantitativo.
Menos (mais baixo)	Decréscimo quantitativo.
Parte de	Decréscimo qualitativo.
Além de	Acréscimo qualitativo.
Reverso / Ao contrário de	Oposto lógico da intenção.
Outro que não	Substituição completa.

Como mencionado anteriormente, estas palavras-guia, quando combinadas com os parâmetros de processo, formam os desvios da intenção de operação da planta. As palavras-guia podem ser aplicadas tanto a parâmetros de processo mais gerais (por exemplo, reagir, transferir) como a parâmetros mais específicos (por exemplo, pressão, temperatura).

Quando combinadas com os parâmetros gerais, os desvios são usualmente gerados diretamente pela aplicação da palavra-guia. Em alguns casos, quando da aplicação de uma palavra-guia a um parâmetro, pode-se obter mais de um desvio ou mais de um significado para o mesmo desvio. Por exemplo, quando gerado um desvio como "mais reação", através da combinação da palavra-guia "mais" com o parâmetro "reação", este pode significar que a reação está ocorrendo a uma velocidade maior ou que uma maior quantidade de reagentes está reagindo, sendo que ambas resultam em maior quantidade de produto. Quando combinadas com os parâmetros específicos, podem ser necessárias algumas modificações das palavras-guia.

Em determinadas situações, alguns desvios potenciais são eliminados devido a limitações físicas dos parâmetros de processo em análise. Por exemplo, se a intenção de operação de um nó-de-estudo com relação à temperatura e/ou à pressão está sendo analisada, as combinações destes parâmetros com as palavras-guia "mais" ou "menos" podem ser as únicas possibilidades de análise. Deste modo, cabe ao grupo que estiver desenvolvendo o estudo de HazOp estabelecer quais as combinações que são significativas e quais não produzem efeitos no sistema.

Alguns exemplos de desvios da intenção de operação, gerados pela combinação das palavras-guia com os parâmetros de processo, são apresentados no quadro 3.2.

Quadro 3.2 - Exemplos de desvios.

Palavra-Guia	&	Parâmetro	Desvios
Nenhum	&	Fluxo	Ausência de fluxo.
Mais	&	Pressão	Pressão mais alta.
Menos	&	Temperatura	Temperatura mais baixa.
Além de	&	Uma fase	Duas ou mais fases.
Outro que não	&	Operação	Manutenção, partida, parada, funcionamento de pico, etc.
Além de	&	Componente	Componentes a mais em relação aos que deveriam existir.
Reverso	&	Fluxo	Fluxo de componente no sentido inverso.
Parte de	&	Componente	Componentes a menos em relação aos que deveriam existir.

Existem algumas modificações das palavras-guia que facilitam o seu uso em determinados casos, como por exemplo:

- "antes" ou "depois" em lugar de "outro que não", ao considerar tempo;
- "aonde mais" em lugar de "outro que não", ao considerar posição, fonte ou destino;
- "mais alta" ou "mais baixa" em vez de "mais" ou "menos", ao considerar temperatura ou pressão.

No caso de procedimentos operacionais que envolvam um conjunto complexo de parâmetros de processo inter-relacionados - como por exemplo: taxa de reação, composição, temperatura e pressão - é recomendado o uso da sequência de palavras-guia a cada parâmetro isoladamente, ao invés de aplicar a sequência a todos os parâmetros em conjunto.

Quando os procedimentos operacionais forem formados por sentenças, a sequência de palavras-guia produz melhores resultados quando aplicada a cada palavra ou frase separadamente, iniciando com a parte chave da frase que descreve a atividade (usualmente verbos e advérbios). Estes componentes da frase normalmente estão relacionados a algum impacto na intenção de operação do processo. Por exemplo, na sentença "O operador inicializa o fluxo A através da abertura da válvula X quando atingida a pressão B", as palavras-guia poderiam ser aplicadas para: "fluxo A" (nenhum, mais, menos, etc.) e "quando atingida a pressão B" (antes, depois, etc.).

Existem outras combinações lógicas entre palavras-guia e parâmetros de processo que são adotadas para produzirem uma maior variedade e flexibilidade de análise em relação as normalmente utilizadas. Algumas empresas criam listas de palavras específicas para as suas operações com o intuito de conduzir a equipe de estudo mais rapidamente para as áreas do processo que necessitem maior atenção.

*"Se algo pode falhar, esta falha deve ser esperada para ocorrer no momento mais inoportuno e com o máximo dano."*

*"Mesmo na execução da mais perigosa e complexa operação, as instruções poderão ser ignoradas."*

*"Não importa o quanto é difícil danificar um equipamento - alguém vai achar um jeito."*

*"Qualquer operação pode ser feita de forma errada; não importa o quanto essa possibilidade é remota, ela algum dia vai ser feita desse modo."*

*Lei de Murphy - adaptação de M.L. Fantazzini, apud FARBER<sup>18</sup>*

### 3.4. COMO DESENVOLVER UM HAZOP?

Para realizar um estudo de riscos e operabilidade de um projeto ou uma planta industrial, é condição *sine qua non* a organização e o planejamento prévio das atividades a serem desenvolvidas.

Com este objetivo, pode-se dividir o desenvolvimento de um estudo de HazOp em cinco etapas:

- Definição do escopo do estudo.
- Seleção do grupo de estudo.
- Preparo do material necessário ao estudo.
- Execução do estudo.
- Registro dos resultados.

Cabe salientar que todos estes passos podem ser desenvolvidos ao mesmo tempo, pois a técnica HazOp é desenvolvida de forma recursiva. A seguir, cada etapa de desenvolvimento do estudo será discutida isoladamente.

### **3.4.1. Estabelecendo o escopo do estudo**

A explicitação do escopo, ou objetivos, do HazOp deve ser o mais claro possível, de modo a definir o campo de atuação da equipe responsável pelo desenvolvimento do estudo. Normalmente, os objetivos do estudo são estipulados pela pessoa responsável pela planta ou projeto, assistido pelo líder do grupo responsável pelo desenvolvimento do estudo.

Mesmo que o objetivo mais geral seja a identificação de riscos e problemas operacionais, se faz necessário a definição de quais pontos devem ser abordados pelo grupo de estudo, ou seja, a razão pela qual se está desenvolvendo uma análise desta natureza. Dentre as diversas razões que conduzem a realização de um HazOp podemos citar as seguintes:

- checar os itens de segurança de um projeto;
- melhorar a segurança de uma planta existente;
- checar a segurança dos procedimentos de operação de um processo;
- verificar o funcionamento da instrumentação de segurança;
- decidir sobre o local onde pode ser construída uma unidade industrial;
- desenvolver uma lista de questões (Checklist) a serem apresentadas ao fornecedor de uma determinada tecnologia.

Além dos objetivos do estudo se faz também necessário a determinação de quais fatores, ou pessoas, serão afetados pelo desenvolvimento do mesmo, assim como:

- a segurança dos empregados (na planta em estudo ou nos arredores da mesma);
- os danos aos equipamentos ou à planta;
- a perda de produção;
- a segurança pública;
- os impactos ambientais;
- etc.

Por exemplo, um estudo de HazOp pode ser conduzido para determinar o local onde deve ser construída uma planta de forma que se obtenha o mínimo impacto na segurança pública. Neste caso específico o grupo responsável pelo estudo deveria dar maior ênfase aos desvios que resultam em riscos externos (população afetada).

### **3.4.2. Selecionando o grupo de estudo**

O uso das palavras-guia sobre o processo em análise não evidencia os problemas através de uma fórmula mágica. Para que esses riscos possam ser evidenciados, um estudo de HazOp normalmente usa uma equipe multidisciplinar de analistas que trabalham em conjunto na identificação de riscos e problemas operacionais através de uma análise sistêmica do processo. Esta equipe deve ser formada por pessoas que possuam experiência e conhecimento suficientes que as permitam pensar e discutir sobre os problemas levantados no decorrer do estudo.

De um modo geral, o coordenador da equipe deve ter experiência em estudos de HazOp para que possa conduzir e orientar a equipe no decorrer da análise. Os outros membros da equipe devem possuir conhecimentos nas outras áreas relacionadas com as instalações do processo em estudo, como mecânica, química, instrumentação, elétrica, segurança e proteção ao meio-ambiente.

A equipe para desenvolvimento de um estudo de HazOp deve ser constituída de, no máximo, sete a oito pessoas de áreas de conhecimento diferentes. A experiência mostra que um grupo maior torna o andamento do trabalho excessivamente lento. Caso se opte pela formação de um grupo menor, as pessoas que o constituírem devem possuir conhecimento suficiente para cobrir as áreas correspondentes as operações da planta ou projeto, a fim de garantir a integridade do trabalho.

No caso de plantas industriais em fase de projeto, a composição básica do grupo de estudo deve ser aproximadamente a seguinte:

- **Líder da equipe**: esta pessoa deve ser um perito na técnica HazOp e, preferencialmente, independente da planta ou projeto que está sendo analisado. Sua função principal é garantir que o grupo siga os procedimentos do método HazOp e que se preocupe em identificar riscos e problemas operacionais, mas não necessariamente resolvê-los, a menos que as soluções sejam óbvias. Esta pessoa deve ter experiência em liderar equipes e deve ter como característica principal a de prestar atenção meticulosa aos detalhes da análise.
- **Chefe do projeto**: este normalmente é o engenheiro responsável por manter os custos do projeto dentro do orçamento. Ele deve ter consciência de que quanto mais cedo forem descobertos riscos ou problemas operacionais, menor será o custo para contorná-los. Caso ele não seja uma pessoa que possua profundos conhecimentos sobre equipamentos, alguém com estas características também deverá fazer parte do grupo.
- **Engenheiro de processos**: geralmente é o engenheiro que elaborou o fluxograma do processo. Deve ser alguém com considerável conhecimento na área de processos.
- **Engenheiro de automação**: devido ao fato de as indústrias modernas possuírem sistemas de controle e proteção bastante automatizados, este engenheiro é de fundamental importância na constituição da equipe.
- **Engenheiro eletricitista**: se o projeto envolver aspectos importantes de continuidade no fornecimento de energia, principalmente em processos contínuos, esta pessoa também deverá fazer parte do grupo.

Para complementar a equipe de estudo devem ser incluídas pessoas com larga experiência em projetos e processos semelhantes ao que será analisado. No caso de estudo de uma planta já existente, o grupo deve ser constituído como segue:

- **Líder da equipe**: como no caso anterior.

- **Chefe da unidade ou engenheiro de produção:** engenheiro responsável pela operação da planta.
- **Supervisor-chefe da unidade:** é a pessoa que conhece aquilo que de fato acontece na planta e não aquilo que deveria estar acontecendo.
- **Engenheiro de manutenção:** responsável pela manutenção da unidade.
- **Responsável pela instrumentação:** é aquela pessoa responsável pela manutenção dos instrumentos do processo, que pode ser executada tanto por engenheiros de automação como por eletricitistas, ou por ambos.
- **Engenheiro de pesquisa e desenvolvimento:** responsável pela investigação dos problemas técnicos e pela transferência dos resultados de um piloto para a fábrica.

Além das pessoas recomendadas acima, em certas ocasiões se faz necessário o auxílio de outros membros, especialistas em determinados aspectos operacionais ou do projeto, como controle de processos, incêndios, computação, etc. Nos casos de plantas industriais em funcionamento, que estiverem sendo modificadas ou ampliadas, a equipe de estudo deve ser formada por uma combinação dos participantes apresentados nos dois casos anteriores.

Embora todos os membros da equipe tenham um objetivo comum, que é o de obter uma instalação barata, segura e fácil de operar, as limitações impostas a cada um dos participantes são diferentes, cada um procurando dar maior ênfase à sua área de atuação. Este conflito de interesses ajuda a fazer com que os prós e os contras de cada alteração sejam exaustivamente examinados antes de se tomar uma decisão final. Este fato caracteriza a natureza de questionamento aberto apresentada pela técnica HazOp, exigindo que se crie um ambiente onde todos os componentes do grupo se sintam livres para expor as suas opiniões sobre determinado assunto. Para garantir esta liberdade de expressão, o líder da equipe deve procurar evitar desequilíbrios, não permitindo que pessoas com personalidade mais forte inibam a participação de outros membros do grupo, o que geraria uma análise tendenciosa dos riscos.

A equipe de estudo não necessita de grandes treinamentos sobre a técnica, exceto o líder da equipe, pois o HazOp pode ser aprendido pelos participantes ao longo do próprio desenvolvimento dos trabalhos. Se uma parcela significativa do grupo desconhecer a técnica, uma palestra de introdução e um breve treinamento ou uma discussão sobre o assunto devem ser realizadas antes do início do estudo, pois o fato de uma pessoa que não faz parte do projeto ou da operação da planta (o líder da equipe) começar a dar palpites sobre melhorias a serem realizadas pode resultar em um impacto negativo nos participantes.

Apesar de não precisarem conhecer profundamente a técnica, é fundamental que os membros do grupo, exceto o líder, sejam competentes em suas funções e peritos no processo que está sendo empregado naquele projeto ou instalação, pois nenhum método sistemático substitui a competência de cada um em suas respectivas profissões. Além deste aspecto, os membros do grupo de estudo não devem se ausentar eventualmente dos encontros. O envio de representantes ou substitutos atrasa o andamento dos trabalhos, pois estes não possuem o conhecimento sobre as reuniões anteriores, além de não participarem do espírito de equipe já formado. É importante salientar também que o grupo de estudo deve ter autoridade suficiente



para decidir sobre a maioria das alterações sem precisar de referendos externos. O progresso do estudo se tornará lento, se toda alteração tiver que ser relatada a alguém que não esteja presente.

Desta forma, o HazOp não é uma técnica para trazer mentes "recém: chegadas" para trabalhar em um problema. Esta é uma técnica que permite aos que são peritos em um processo utilizarem seus conhecimentos e experiências de maneira sistemática, de modo que os problemas tenham menor probabilidade de serem omitidos. A porcentagem de acidentes, posteriores ao HazOp, que ocorrem porque o grupo não tinha o conhecimento necessário para o desenvolvimento do estudo é mínima. A maioria dos acidentes ocorre porque o grupo responsável pelo estudo deixou de aplicar os seus conhecimentos.

*" A maior dificuldade encontrada foi formar a equipe e mantê-la estável em sua composição durante todo o estudo do projeto. A alternância de alguns componentes, assim como a falta de um treinamento prévio por parte de outros, mostrou-se altamente prejudicial."*

*Benedito Cardella<sup>6</sup>*

### **3.4.3. Preparando o material necessário ao estudo**

A variedade e a quantidade de material necessário ao estudo e o preparo deste dependem da complexidade e do tamanho da planta ou do projeto em análise. Esta etapa de preparação do material necessário ao estudo baseia-se em quatro fases principais: obtenção dos dados necessários, conversão dos dados para uma forma adequada ao estudo, planejamento da sequência de estudo e planejamento das reuniões necessárias.

#### **3.4.3.1. Obtenção dos dados necessários**

Os dados necessários ao desenvolvimento do estudo consistem tipicamente de vários fluxogramas do processo, layouts da planta, especificações de equipamentos, diagramas de sistemas de controle, procedimentos operacionais, parâmetros de operação, programas de produção, etc.

Estes dados devem ser previamente analisados em busca de discrepâncias ou falhas na informação sobre o processo a ser analisado, e para verificar se realmente são relevantes ao estudo.

#### **3.4.3.2. Conversão dos dados**

O tempo requerido neste estágio de preparação de material para o estudo depende do tipo de planta a ser analisada. Em processos contínuos este trabalho preparatório é mínimo, pois os fluxogramas das tubulações e equipamentos existentes usualmente contêm informações suficientes para o estudo. Em processos descontínuos (em batelada ou *batch*), a preparação dos dados é normalmente mais extensa, principalmente devido à presença de operações manuais. Estas informações de operação podem ser obtidas de instruções de operação, diagramas lógicos e esquemas de equipamentos.

Caso os operadores se envolvam fisicamente no processo, além de simplesmente controlar o processo (por exemplo, na transferência manual de um produto de um tanque para outro), suas atividades devem ser representadas por intermédio de diagramas e sequências de procedimentos.

#### **3.4.3.3. Planejamento do estudo**

O líder da equipe deve planejar a sequência de assuntos a serem tratados no decorrer das reuniões, antes do início das mesmas, de modo a garantir que todos os pontos da planta sejam analisados. Isto significa que o líder deverá gastar um tempo extra antes do início da análise para determinar a melhor sequência de estudo a ser desenvolvida, baseado no tipo de operação da planta.

No caso de processos contínuos, a sequência de estudo normalmente é estabelecida pelo fluxo de materiais no processo e a equipe analisa os nós-de-estudo no sentido do fluxo. Em processos descontínuos, o planejamento do estudo baseia-se, principalmente, nas sequências de operação.

Também é função do líder do grupo o preparo, quando necessário, de representações de equipamentos (diagrama lógico do equipamento, fluxograma, relação do equipamento com os operadores e com outros equipamentos) de modo que facilite a aplicação da técnica de HazOp.

Desta forma, o líder da equipe deve preparar um plano de desenvolvimento do estudo e discutir as representações dos equipamentos e o planejamento com a equipe antes do início da análise do processo.

#### **3.4.3.4. Planejamento das reuniões**

Uma vez que os dados necessários tenham sido reunidos, analisados e organizados, o líder da equipe está em posição de planejar as reuniões. O primeiro passo é estimar o número de horas necessárias para o estudo.

Como regra geral, cada parte individual a ser estudada (por exemplo, cada linha de tubulação de um tanque) exige em torno de 15 minutos do tempo de estudo. Por exemplo, um tanque com duas saídas, duas entradas e uma purga deve levar uma hora e meia para que sejam analisados estes elementos e o próprio tanque. Consequentemente, uma estimativa pode ser feita considerando o número de equipamentos e tubulações existentes no processo a ser analisado.

Outro caminho para se fazer uma estimativa superficial consiste em admitir em torno de três horas para cada item de equipamento principal (coluna de destilação, forno, reator, aquecedor, etc.).

Caso a fábrica seja semelhante a outra existente que já tenha sido analisada pelo mesmo grupo de estudo, a estimativa de uma hora e meia por item é razoável. No caso de processos novos, a estimativa de três horas por item pode ser até mesmo otimista.

Equipamentos complexos podem exigir um tempo de análise muito maior. Também deve-se estimar um tempo de 15 minutos para análise de cada procedimento operacional, assim como "ligar bomba", "dar partida no motor", "esgotar tanque", etc..

Após esta estimativa grosseira do tempo necessário ao estudo, o líder da equipe pode organizar as reuniões. As reuniões não devem ultrapassar três horas de duração, e devem se restringir a três ou quatro encontros por semana e não mais de uma sessão por dia. Sessões mais longas ou mais frequentes ocasionam perda de eficiência e desgaste do grupo. Além do mais, reuniões esporádicas devem ser realizadas, após o término do estudo, para comunicar o andamento das medidas recomendadas pelo grupo.

*"Quando se descreve a técnica de HazOp, uma das preocupações dos ouvintes se refere ao tempo gasto na análise, em razão do exame exaustivo de todas as linhas de processo. Verificamos que o homem-hora utilizado representou 2,5 % do dispensado na elaboração do projeto básico. Consideramos que este número é baixo, em relação aos benefícios obtidos; situa-se na ordem de grandeza do utilizado na análise de um único acidente de proporções relativamente sérias que venha a ocorrer na instalação."*

*Benedito Cardella<sup>6</sup>*

#### 3.4.4. Conduzindo o estudo

Para execução do estudo, a técnica de HazOp requer, primeiramente, a divisão do esquema da planta em nós-de-estudo e, posteriormente, a análise do processo, nestes pontos, com o uso das palavras-guia.

A metodologia consiste em aplicar todas as palavras-guia a cada parâmetro de processo do nó-de-estudo escolhido, gerando desvios da intenção de operação. Estes desvios devem ser analisados em suas causas e consequências, e medidas devem ser sugeridas para eliminação ou mitigação das mesmas. Após terem sido respondidas todas as questões resultantes dos desvios gerados, a equipe move-se para o próximo nó-de-estudo e torna a aplicar as palavras-guia aos parâmetros de processo, e assim por diante.

A estrutura funcional do HazOp e a sequência de desenvolvimento da análise podem ser representados pela figura 3.1, como segue:

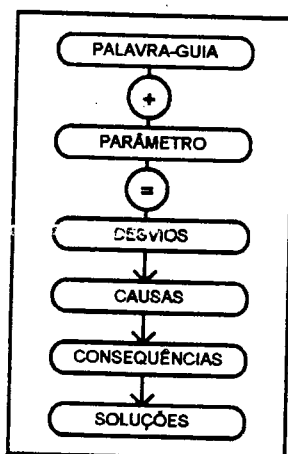


Figura 3.1 - Estrutura funcional do HazOp.

O processo sistemático dos trabalhos realizados pela equipe de análise pode ser sumariado pelo diagrama da figura 3.2 abaixo.

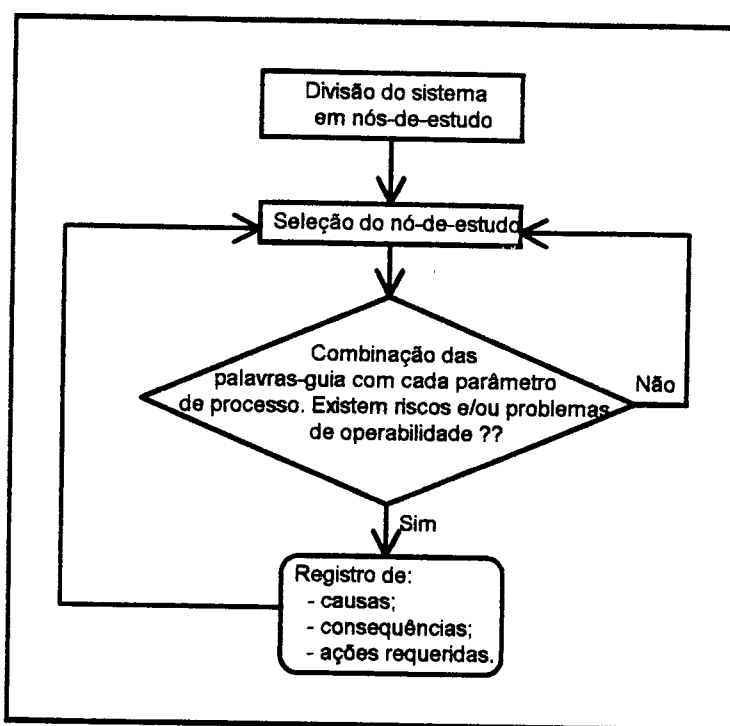


Figura 3.2 - Diagrama para execução de um HazOp.

Em processos contínuos, a equipe de estudo analisa o processo progressivamente no sentido do fluxo, aplicando as palavras-guia aos nós-de-estudo, os quais são estabelecidos pelo líder da equipe antes da reunião.

#### 3.4.4.1. Estabelecendo os nós-de-estudo

O líder da equipe deve definir os nós-de-estudo nas seções da tubulação, ou melhor, naqueles pontos onde os parâmetros de processo (pressão, temperatura, fluxo, etc.) possuem uma intenção de operação especificada. Entre estes nós encontram-se os componentes da planta (bombas, trocadores de calor, etc.) que causam alterações nos parâmetros de processo. Mesmo que os nós-de-estudo sejam pré-fixados antes de cada reunião, é esperado que algumas modificações surjam com o progresso do estudo, devido ao processo de aprendizagem que acompanha o mesmo.

Em sistemas com baixa complexidade, é prática comum estabelecer os nós-de-estudo em função dos equipamentos principais do processo. Assim, por exemplo, um tanque para estoque de um produto líquido é analisado em função das tubulações de entrada e saída de líquido.

#### 3.4.4.2. Identificando os riscos

Quando um risco é identificado devido à presença de um desvio no processo, o líder da equipe deve garantir que todos os membros do grupo compreendam as causas e as consequências deste risco, devendo haver um consenso sobre quais medidas devem ser

adotadas para minimizar ou eliminar seus efeitos. Neste ponto, posições extremas devem ser evitadas pelo grupo, como por exemplo:

- uma ação é imediatamente sugerida para o risco identificado, sem observar os riscos subsequentes, identificados ou não;
- nenhuma ação é sugerida antes que todos os riscos do processo tenham sido detectados.

Na realidade deve haver um meio termo entre estas duas situações. Muitas vezes não é possível chegar a uma conclusão sobre quais ações devem ser tomadas, com respeito a determinado risco, durante uma única sessão. Por outro lado, se a solução for clara, o projeto e/ou as instruções de operação podem ser imediatamente modificados de modo a reduzir os riscos.

O principal fator que deve ser observado nestas situações é o tipo de planta que está sendo analisada. No caso de plantas de processos contínuos, uma decisão tomada em um ponto do projeto pode não invalidar decisões prévias concernentes a pontos anteriores da planta que já tenham sido estudados. Quanto a processos descontínuos, qualquer alteração no projeto ou modo de operação pode ter implicações sobre outros pontos do processo.

Deve-se ter em mente que, quando da aplicação das palavras-guia aos parâmetros de processo, um problema pode ser gerado em outro ponto da instalação, aparentemente independente do nó-de-estudo em análise. Desta forma, a análise dentro do sistema deve ser realizada multilateralmente, pois as causas decorrentes do desvio analisado podem resultar em consequências que atinjam outro ponto do processo. A figura 3.3 a seguir representa esta necessidade de análise.

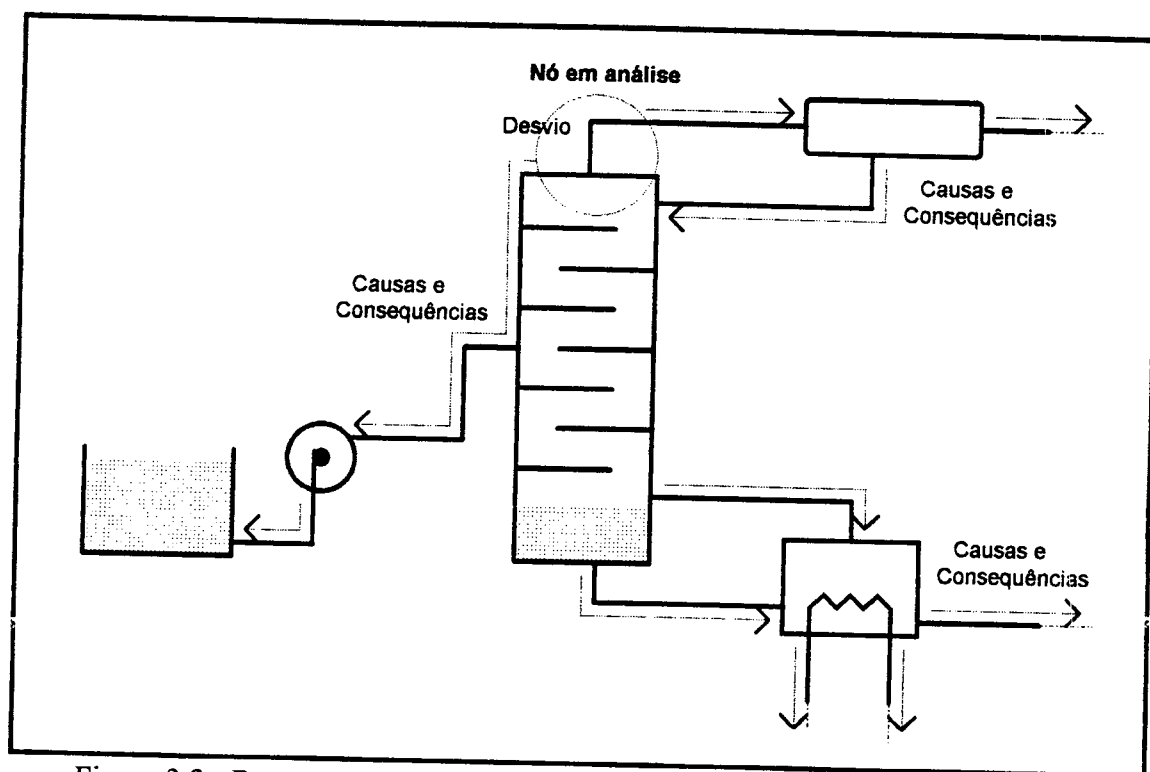


Figura 3.3 - Representação da análise multilateral de um processo contínuo (destilação).

A tarefa de alertar sobre os efeitos dos desvios ao longo das linhas do processo em análise é atribuída ao líder da equipe. No entanto, esta análise multilateral pode desviar o pensamento do grupo do ponto em análise ou dos objetivos do estudo. Portanto, fica também a cargo do líder a decisão sobre até onde a discussão sobre determinado desvio deve prosseguir dentro do processo em análise. Assim, o líder da equipe deve interromper a discussão, registrar o problema para análise em outra sessão, e retornar ao ponto original para continuar com o estudo.

Em algumas situações, mesmo que a fase de preparação do material necessário ao estudo tenha sido minuciosamente realizada, o desenvolvimento da técnica de HazOp pode exibir falhas nas informações disponíveis sobre a operação da planta ou os membros da equipe podem demonstrar falta de conhecimento sobre determinados assuntos. Portanto, pode ser necessária a participação de um especialista em determinados aspectos de operação da planta ou então, pode ser necessário que o desenvolvimento do estudo seja adiado para obtenção de maiores informações sobre o processo em análise.

Para um melhor entendimento de como é desenvolvido, passo-a-passo, um estudo de HazOp, um fluxograma exemplificando o procedimento utilizado durante a análise de um processo é mostrado na figura 3.4 a seguir:

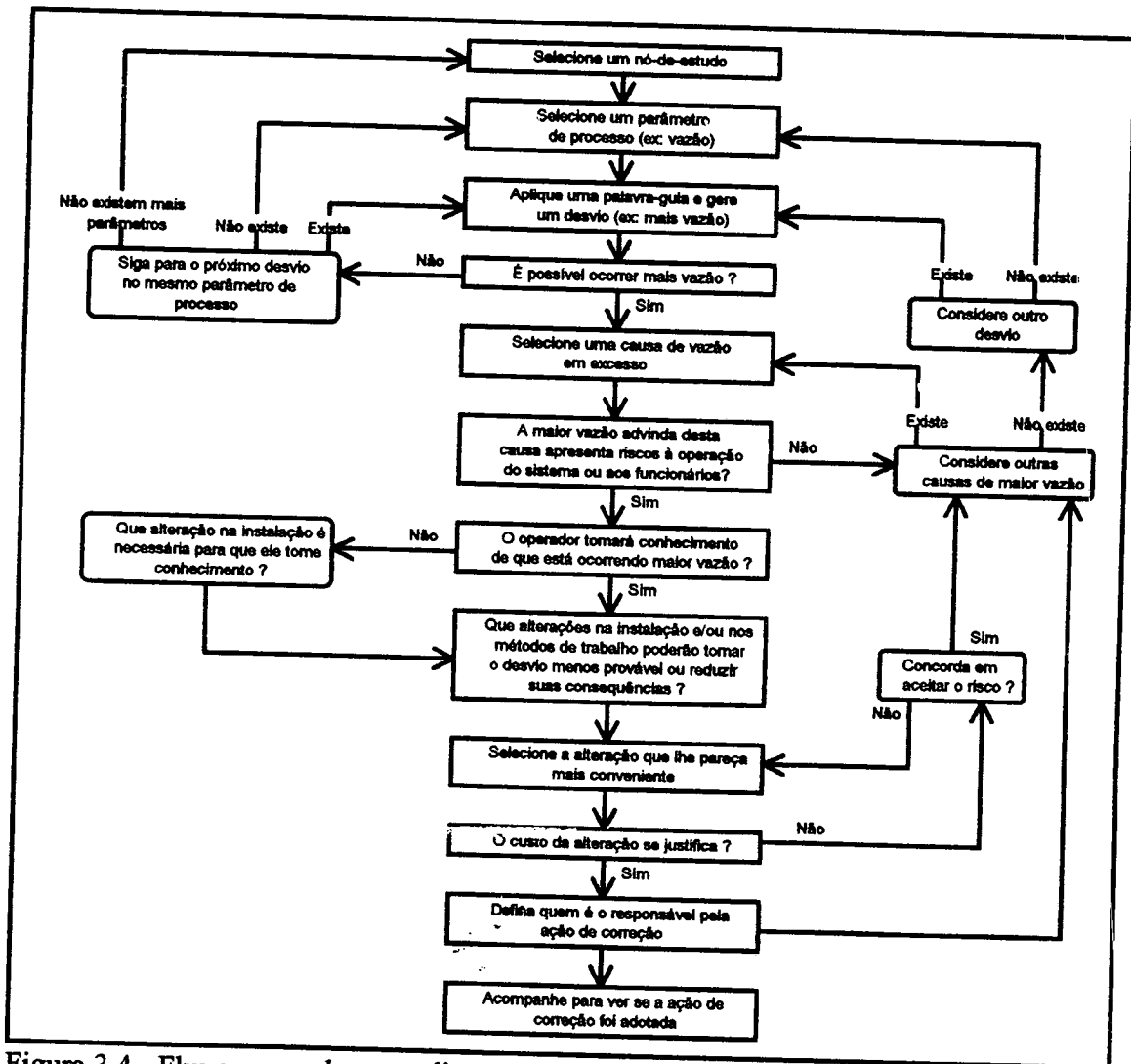


Figura 3.4 - Fluxograma do procedimento de um HazOp.

O acompanhamento, regular e obrigatório, das decisões tomadas nas reuniões de HazOp precisa ser comunicada a todos os participantes do grupo. Com esta finalidade, como salientado anteriormente, deverão ser promovidas reuniões com uma certa periodicidade.

### **3.4.5. Registrando os resultados**

O registro dos resultados obtidos no decorrer do estudo de uma planta é uma parte importante do HazOp. Os desvios gerados pela aplicação das palavras-guia aos parâmetros de processo, bem como suas causas, consequências e ações necessárias devem ser registrados adequadamente.

É aconselhável o registro completo de todos os aspectos do estudo, mesmo que as consequências de um desvio da intenção de operação sejam triviais. Quando um desvio não é passível de ocorrência em condições reais de operação, as razões pelas quais esta situação não é possível devem ser registradas. Caso não seja possível uma análise completa de uma determinada situação, devido à falta de informações ou conhecimentos por parte da equipe, também deve-se registrar este fato. Caso existam correções imediatas a serem feitas no processo, estas também devem ser registradas. Enfim, toda e qualquer situação resultante do desenvolvimento do HazOp deve ser registrada, sendo que as informações contidas nestes registros devem ser claras e semanticamente compreensíveis, principalmente por pessoas que não fizeram parte da equipe de estudo. A maneira de registro dos resultados mais utilizada é a apresentada no exemplo do item 3.6.

O registro dos resultados pode ser realizado por qualquer membro do grupo, sendo o líder da equipe normalmente o responsável pelo mesmo. Este faz a edição das anotações das reuniões logo após o seu término. Outros meios de registro que melhor se adaptem à planta em estudo podem ser desenvolvidos, não sendo obrigatório o uso do modelo de registro apresentado pelo exemplo.

Como é praticamente impossível registrar manualmente tudo o que é dito, é usual a gravação das seções, o que salva o conteúdo completo das discussões e o raciocínio por trás da sugestão adotada. É de fundamental importância que todas as idéias levantadas sejam conservadas, pois em determinadas ocasiões, durante a revisão do estudo, o grupo pode achar necessário a substituição de uma sugestão por outra, sendo importante o arquivamento de todas as sugestões decorrentes do estudo. Isto também permite que certos pontos sejam reavaliados no decorrer da operação da planta, principalmente quando a planta é sujeita a modificações.

### **3.4.6. Alguns aspectos relevantes**

Alguns aspectos devem ser observados durante a execução de um estudo de HazOp, de modo a garantir o bom desenvolvimento e a qualidade do estudo:

- **Modificações:**

O HazOp normalmente é aplicado somente a projetos novos ou grandes modificações de plantas industriais, sendo que pequenas modificações na planta geralmente não são alvo de uma análise desta natureza. Porém, estas pequenas modificações podem apresentar efeitos secundários que resultam em acidentes que não foram previstos anteriormente às mesmas. Desta forma, toda e qualquer modificação efetuada em uma planta industrial, seja a troca de

um equipamento ou a troca de um tipo de válvula por outro, deve ser estudado minuciosamente a fim de se identificar os riscos decorrentes desta modificação.

- **Grandes projetos:**

No caso de projetos de grande porte, o desenvolvimento completo do HazOp pode levar meses, mesmo com duas ou três equipes trabalhando em paralelo. Assim, será necessário que se escolha entre suspender o projeto de detalhamento e/ou a construção, até que o HazOp termine, ou permitir a elaboração do projeto de detalhamento e/ou os trabalhos de construção, correndo o risco de ter que modificar o projeto ou até mesmo as instalações, após conhecido o resultado final do HazOp. Neste caso, é preferível realizar-se um HazOp superficial, logo após se dispor do projeto preliminar (onde ainda não estão especificados os equipamentos da planta), menos detalhado e em curto espaço de tempo, para identificar os riscos maiores envolvidos no projeto.

- **Entusiasmo:**

O ambiente de *brainstorming* criado durante o desenvolvimento do HazOp é envolvente, porém não se deve deixar entusiasmar demasiadamente. Muitas vezes as equipes responsáveis pela execução de um HazOp se deixam levar pelo entusiasmo e sugerem instalações de equipamentos de proteção aos riscos desnecessários e dispendiosos, com o objetivo de eliminar todos os riscos existentes na instalação. Desta forma, para evitar esta situação, em certos casos é importante analisar a frequência e/ou a probabilidade de ocorrência da situação gerada, bem como avaliar as consequências do evento caso venha a ocorrer. Para este fim, pode ser necessária a realização de avaliações quantificadas dos riscos. Porém, na maioria dos casos, uma argumentação utilizando alguns dados numéricos de conhecimento geral do grupo será suficiente para uma tomada de decisão. Portanto, deve-se dar prioridade à prevenção dos eventos mais importantes, do ponto de vista de segurança, mantendo os custos dentro do orçamento do projeto ou da planta.

- **Soluções sugeridas:**

Devido à formação dos integrantes do grupo, em sua maioria engenheiros, existe uma tendência em apresentar muitas soluções via *hardware* a fim de minimizar os riscos envolvidos na planta, ou seja, modificações nas instalações e nos equipamentos e introdução de instrumentação de segurança, principalmente alarmes. Apesar de normalmente serem as soluções ideais, muitas vezes tornam-se dispendiosas. Nestes casos, diversas soluções alternativas podem ser colocadas em prática, principalmente a modificação e o aperfeiçoamento dos procedimentos operacionais, a mudança dos métodos de operação e o treinamento adequado dos operários. Enfim, soluções via *software* as quais podem ser tão efetivas e eficazes quanto modificações nas instalações. Na realidade, uma combinação destes dois aspectos seria a situação ideal, agindo-se para minimização dos riscos tanto no *hardware* como no *software* da instalação.

### 3.5. PROCESSOS DESCONTÍNUOS (*BATCH*)

Ao estudar uma unidade descontínua (em batelada), o grupo deve aplicar as palavras-guia tanto à linhas de fluxo (como nas instalações contínuas), quanto à instruções operacionais (tanto aquelas automatizadas quanto as escritas, ou seja, aquelas que devem ser realizadas por um operador).



Vejamos o exemplo do processo em batelada apresentado na figura 3.5 a seguir. Neste caso, os reagentes A e B precisam ser alimentados manualmente no reator para posterior reação.

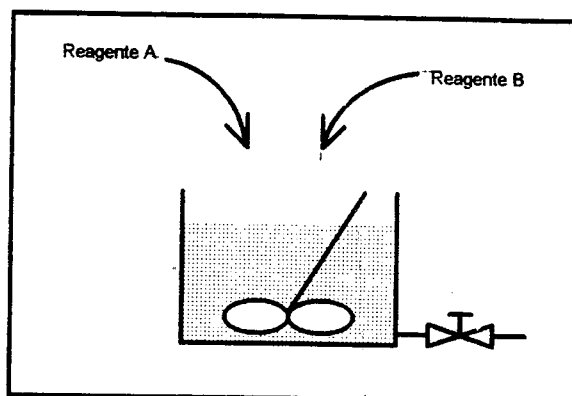


Figura 3.5 - Exemplo de processo descontínuo.

Por exemplo, se uma instrução diz que o reator deve ser carregado com uma tonelada do produto A, a equipe de estudo deve considerar desvios como:

- não colocar o produto A;
- colocar mais produto A;
- colocar menos produto A;
- colocar A com composição diferente do padrão;
- colocar A com componentes a mais (contaminantes);

É importante salientar que, situações de descontinuidade operacional, quando ocorrerem em unidades de processamento contínuo (por exemplo, preparação de equipamentos, etc.) devem ser estudadas como uma operação descontínua.

### 3.6. EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Como um exemplo simples de aplicação da técnica de HazOp, consideremos o processo contínuo mostrado na figura 3.6 abaixo.

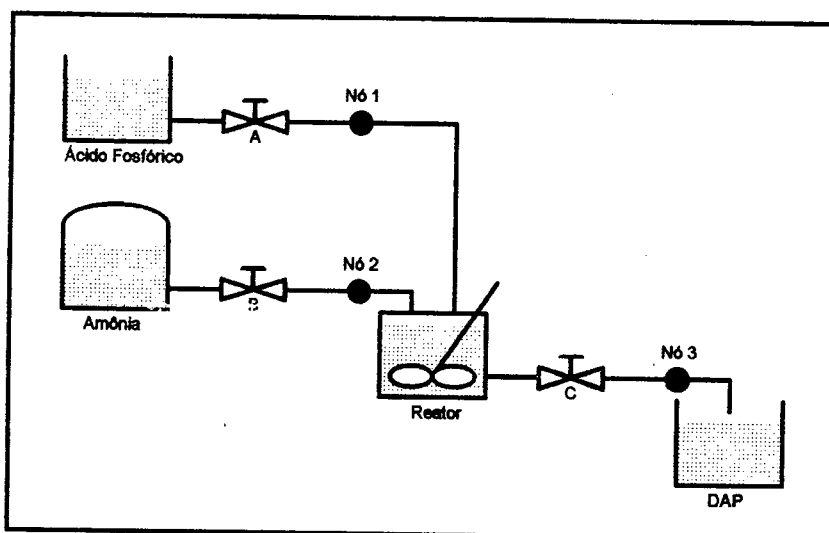


Figura 3.6 - Exemplo de processo contínuo.

Neste processo, ácido fosfórico e amônia são misturados produzindo fosfato diamônio (DAP), o qual não é um produto perigoso caso a reação seja completa. Se pouco ácido fosfórico for adicionado ao reator a reação será incompleta, sobrando amônia em excesso. A adição de pouca amônia ao reator resulta em um produto seguro mas com características indesejáveis.

O grupo de HazOp recebe a tarefa de investigar riscos da reação com relação aos funcionários. O líder da equipe inicia com um nó-de-estudo e aplica as palavras-guia aos parâmetros do processo. Portanto, a análise do parâmetro de processo "fluxo", no nó-de-estudo 1, poderia ser a seguinte:

• **Primeira palavra-guia:** Nenhum

a) Nenhum & Fluxo → ausência de fluxo no nó-de-estudo 1.

b) Causas:

- Válvula A não abre.
- Suprimento de ácido fosfórico esgotado.
- Entupimento ou ruptura da linha de ácido fosfórico.

c) Consequências: excesso de amônia no reator e liberação para a área de trabalho.

d) Ação sugerida: fechamento automático da válvula B na redução do fluxo da tubulação de suprimento de ácido fosfórico.

• **Segunda palavra-guia:** Menos

a) Menos & Fluxo → redução da vazão no nó-de-estudo 1.

b) Causas:

- Válvula A parcialmente fechada.
- Entupimento ou vazamento na tubulação.

c) Consequências: excesso de amônia no reator e liberação para a área de trabalho; a quantidade liberada está relacionada à redução quantitativa do suprimento. Um dos integrantes do grupo ficou designado para calcular a relação grau de toxicidade X redução do fluxo.

d) Ação sugerida: fechamento automático da válvula B quando houver redução do fluxo da tubulação de suprimento de ácido fosfórico. O set point depende dos cálculos de grau de toxicidade X redução de fluxo.

• **Terceira palavra-guia:** Mais

a) Mais & Fluxo: aumento da vazão no nó-de-estudo 1.

b) Causas:

- Válvula A aberta além do parâmetro.
- Elevação do nível do ácido fosfórico.

c) Consequências: excesso de ácido fosfórico degrada o produto mas não apresenta riscos ao local de trabalho.

d) Ação sugerida: controle automático da válvula A em função do nível do tanque para regulagem da vazão.

• **Quarta palavra-guia:** Parte de

- a) Parte de & Fluxo → decréscimo da concentração de ác. fosfórico no nó-de-estudo 1.
- b) Causas:
  - Fornecedor entrega produto errado ou com concentração diferente.
  - Erro no carregamento do tanque de ácido fosfórico.
- c) Consequências: excesso de amônia no reator e liberação para a área de trabalho; a quantidade liberada está relacionada à redução quantitativa do suprimento.
- d) Ação sugerida: estabelecer procedimento de checagem da concentração do ácido fosfórico do tanque de suprimento de ácido após o carregamento do tanque.

• **Quinta palavra-guia:** Além de

- a) Além de & Fluxo → aumento da concentração de ác. fosfórico no nó-de-estudo 1. Esta é uma consideração não passível de ocorrência, uma vez que a concentração de armazenagem é a mais alta possível.

• **Sexta palavra-guia:** Outro que não

- a) Outro que não & Fluxo → outro material que não o ácido fosfórico na linha A.
- b) Causas:
  - Fornecedor entrega produto errado.
  - Contaminação da linha com outro produto.
- c) Consequências: depende do produto substituído. Um dos integrantes do grupo ficará encarregado de testar as substituições potenciais baseado na disponibilidade de outros materiais na planta.
- d) Ação sugerida: procedimento para checagem do material pego antes de carregá-lo no tanque de suprimento de ácido fosfórico.

Este processo então continua, selecionando outros parâmetros de processo e combinando-os com as palavras-guia. Após o término do estudo, à medida que as ações sugeridas sejam executadas e satisfeitas, passam a integrar os registros do estudo como ações requeridas, as quais serão exigidas para operação segura da planta.

Tomando como exemplo a ação sugerida para o desvio gerado pela aplicação da quarta palavra-guia ao parâmetro de processo "fluxo", a qual se trata de: "estabelecer procedimento de checagem da concentração do ácido fosfórico do tanque de suprimento de ácido após o carregamento do tanque", o cumprimento desta recomendação resulta no estabelecimento de um procedimento operacional de checagem da concentração do ácido fosfórico que será integrado, ou mencionado, nos registros do estudo como uma ação requerida, de forma a se evitar o referido desvio.

Esta complementação do estudo desenvolvido é de vital importância para que os resultados do HazOp possam ter utilidade para análises futuras ou consultas de suas informações sobre o processo.

A forma mais utilizada de registro das informações decorrentes do estudo de HazOp é em tabelas, como segue:

Quadro 3.3 - Exemplo de Tabela de HazOp.

UNIDADE DE PROCESSO: Produção de DAP				
NÓ DE ESTUDO: 01      PARÂMETRO DE PROCESSO: Fluxo				
PALAVRA-GUIA	DESVIO	CAUSAS	CONSEQUÊNCIAS	AÇÕES SUGERIDAS
Nenhum	Ausência de fluxo	(1) Válvula A não abre. (2) Suprimento de ácido fosfórico esgotado. (3) Entupimento ou ruptura da linha de ácido fosfórico.	Excesso de amônia no reator e liberação para a área de trabalho.	Fechamento automático da válvula B na redução do fluxo da tubulação de suprimento de ácido fosfórico.
Menos	Menor vazão	(1) Válvula A parcialmente fechada. (2) Entupimento ou vazamento na tubulação.	Excesso de amônia no reator e liberação para a área de trabalho; a quantidade liberada está relacionada à redução quantitativa do suprimento. Um dos integrantes do grupo ficou designado para calcular a relação grau de toxicidade X redução do fluxo.	Fechamento automático da válvula B na redução do fluxo da tubulação de suprimento de ácido fosfórico. O <i>set point</i> depende do cálculo de grau de toxicidade X redução de fluxo.
Mais	Maior vazão	(1) Válvula A aberta além do parâmetro. (2) Elevação do nível de ácido fosfórico.	Excesso de ácido fosfórico degrada o produto, mas não apresenta riscos ao local de trabalho.	Controle automático da válvula A em função do nível do tanque para regulação da vazão.
Parte de	Decréscimo da concentração de ácido fosfórico	(1) Fornecedor entrega produto errado ou com concentração diferente. (2) Erro no carregamento do tanque de ácido fosfórico.	Excesso de amônia no reator e liberação para a área de trabalho; a quantidade liberada está relacionada à redução quantitativa do suprimento.	Estabelecer procedimento de checagem da concentração de ácido fosfórico do tanque de suprimento de ácido após o carregamento do tanque.
Além de	Aumento da concentração de ácido fosfórico	Esta é uma consideração não passível de ocorrência, uma vez que a concentração de armazenagem é a mais alta possível		
Outro que não	Outro material que não o ácido fosfórico	(1) Fornecedor entrega produto errado. (2) Contaminação da linha com outro produto.	Depende do produto substituído. Um dos integrantes do grupo ficará encarregado de testar as substituições potenciais baseado na disponibilidade de outros materiais na planta.	Procedimento para checagem do material pego antes de carregá-lo no tanque de suprimento de ácido fosfórico

### 3.7. VARIAÇÕES DO HAZOP

A técnica de HazOp apresentada até o momento é muitas vezes denominada de HazOp baseado em palavras-guia, pois faz uso de palavras pré-estabelecidas que, quando aplicadas aos parâmetros de processo, geram desvios das intenções de projeto. Este é o conceito de

HazOp mais aceito e mais utilizado pelas organizações, porém existem algumas variações desta técnica que, em certas circunstâncias, podem facilitar o desenvolvimento de uma Análise de Riscos desta natureza, algumas das quais são apresentadas a seguir.

### 3.7.1. HazOp baseado em conhecimento (KBH)

#### KNOWLEDGE-BASED HAZOP

O HazOp baseado em conhecimento é uma especialização da técnica de HazOp baseado em palavras-guia, onde as palavras-guia são substituídas pelo conhecimento dos integrantes do grupo de estudo e por *checklists* específicos.

A base de conhecimentos é composta de práticas de projeto consideradas ideais, baseado na experiência adquirida em projetos anteriores. Este conhecimento é aplicado sobre o projeto de plantas que possuam instalações semelhantes às disponíveis na base de conhecimentos.

A premissa implícita nesta versão de HazOp é que a organização que desenvolve os estudos de HazOp possui padrões de projeto bem definidos e extensivos a vários tipos de instalações. Além do mais, os membros do grupo de estudo devem estar familiarizados com estes padrões.

A comparação das práticas presentes na base de conhecimentos com o projeto em análise gera uma lista de questões (*checklist*) que são diferentes dos registros do HazOp baseado em palavras-guia. Algumas questões que poderiam ser geradas por esta comparação seriam, por exemplo:

- "O projeto não deveria ser da seguinte forma...?"
- "Estas modificações minimizarão os riscos?"

Como exemplo mais específico, consideremos a descarga de uma bomba centrífuga em análise pelos dois métodos de HazOp. O HazOp baseado em palavras-guia poderia aplicar a palavra-guia reverso para identificar a necessidade de uma válvula de retenção na saída da bomba centrífuga. O HazOp baseado em conhecimento poderia alertar para a necessidade de instalação de uma válvula de retenção porque este problema de fluxo reverso já havia sido identificado em ocasiões anteriores e o uso de válvulas de retenção na descarga de bombas centrífugas tem sido adotado como um procedimento padrão pela companhia.

Uma vantagem importante deste método é que o conhecimento adquirido através de muitos anos de experiência é incorporado dentro das práticas da companhia sendo, deste modo, utilizadas em todos os estágios do projeto e construção de uma unidade industrial. Logo, o estudo de HazOp baseado em conhecimento pode assegurar que as práticas da companhia, e portanto as suas experiências passadas, sejam realmente incorporadas no projeto.

É importante salientar que o HazOp baseado em palavras-guia pode ser aplicado para complementar este procedimento de forma a assegurar que problemas não identificados anteriormente não sejam negligenciados, principalmente quando o processo envolve tecnologias diferentes.

### 3.7.2. Creative checklist HazOp (CCH)

Esta variação do HazOp utiliza a mesma estrutura básica do HazOp baseado em palavras-guia. No entanto, o estudo de CCH foi desenvolvido para satisfazer principalmente a duas necessidades:

- a necessidade de um estudo que possa ser executado na etapa inicial do projeto, baseado somente nos materiais que serão utilizados;
- a necessidade de um estudo que possa examinar as interações adversas decorrentes da proximidade de unidades da planta industrial, ou a interação das unidades com o meio-ambiente.

Normalmente, em um estado inicial do projeto, os únicos dados disponíveis são as listas dos materiais que serão utilizados no processo junto com um plano de localização e um *layout* de blocos da futura planta. Estes dados não permitem a execução de um HazOp baseado em palavras-guia pela falta de informações e de dados relativos ao processo em projeto. Portanto, o desenvolvimento de CCH permite que se identifique problemas maiores, que sejam evidentes ainda nesta fase do projeto.

Primeiramente, os materiais a serem utilizados são analisados por intermédio de um *checklist* de riscos (inflamabilidade, toxicidade, reatividade, etc.) e o grupo de estudo determina quais riscos podem estar presentes na utilização destes materiais. Os materiais perigosos são inventariados e cada informação (como quantidade que será utilizada) de cada material é registrada.

A segunda parte consiste em associar cada unidade do plano de localização da planta com a lista de riscos criada na primeira etapa do estudo. Isto resulta em uma série de "unidades de risco" hipotéticas. Se o grupo perceber que uma determinada "unidade de risco" apresenta riscos reais, ele identifica as ações potenciais e/ou elabora guias de procedimentos que devem ser seguidos na fase posterior do projeto para minimizar os riscos da planta.

Uma das principais vantagens desta técnica é que, sendo aplicada antes que o local de instalação da planta tenha sido realmente definido, a decisão de abandonar o local ou modificar o *layout* das unidades, caso necessário, pode ser realizado sem maiores consequências.

*"Quando se decidiu aplicar o HazOp ao projeto básico, este já havia sido analisado pelo método tradicional. Assim mesmo, foram recomendadas 90 modificações no projeto. Mas o HazOp não controla os riscos apenas através de alterações no projeto. No caso analisado, foram recomendados 110 itens de procedimento operacional. Houve também seis recomendações especiais sobre itens que merecem atenção especial no treinamento de pessoal. Além desses resultados, há outros benefícios difíceis de serem quantificados, como por exemplo o conhecimento que a equipe adquiriu ao efetuar a análise."*

*Benedito Cardella<sup>6</sup>*

## CAPÍTULO IV

### INSTRUÇÃO PROGRAMADA

"...SEJA QUAL FOR A NATUREZA DA TAREFA, SEMPRE HAVERÁ UMA FORMA RACIONAL DE EXECUTÁ-LA E PARA A QUAL O FUNCIONÁRIO PODERÁ SER TREINADO."

LÊDA MASSARI MACIAN<sup>38</sup>

#### 4.1. APRESENTAÇÃO

Durante as atividades diárias, muitas das ações por nós desenvolvidas são tão habituais e repetitivas que não percebemos o quanto este nosso procedimento, e o próprio comportamento frente à estas ações, carrega de influências diversas, acumuladas ao decorrer da nossa existência, e que determinam o nosso modo particular de agir. Estas influências são provenientes dos ambientes social, familiar e profissional, que em seu conjunto edificam as nossas experiências de vida.

O homem não só é afetado e conduzido pelo meio em que convive como também age sobre o mesmo, sendo ao mesmo tempo agente e produto de sua própria história. Nesta interação homem-meio é que se fundamenta o processo educativo e, em especial, um aspecto muito significativo no desenvolvimento do indivíduo, que é a sua preparação para o trabalho. E é justamente neste ponto da história do homem que o treinamento possui significância acentuada.

Com o desenvolvimento das civilizações ao longo dos anos, o treinamento surgiu como um meio essencial para a transmissão de conhecimentos e habilidades, as quais foram desenvolvidas e aprimoradas entre sucessivas gerações. No início, a aprendizagem de habilidades industriais caracterizava-se pela transmissão de experiências e conhecimentos entre um mestre - um perito na área - e um aprendiz. No entanto, com o desenvolvimento industrial, este processo de intercâmbio individualizado de conhecimentos tornou-se impraticável devido a necessidade de se treinar um maior número de pessoas para a mesma tarefa, surgindo então o treinamento industrial em grupo. O modelo de treinamento em grupo, apesar de se mostrar ineficaz na maioria dos casos, tornou-se uma realidade dentro das empresas e vem sendo utilizado até os tempos atuais.

No entanto, a transmissão de conhecimento individualizada continuou sendo a maneira mais produtiva de treinamento e começa a retomar o seu espaço e a sua importância, esquecidas com a evolução industrial, essencialmente sob a forma de uma técnica de treinamento de pessoal conhecida por instrução programada.

A instrução programada surgiu em fins da década de 50, principalmente com as pesquisas realizadas por B.F. Skinner, e desde esta época ficou evidente a sua utilidade em termos de simulação de modelos e processos, instrução auxiliada por computador e realização de avaliações. Esta técnica de treinamento baseia-se na utilização de ferramentas computacionais que englobem conhecimentos, sobre determinados domínios, e princípios educacionais que permitam ao aprendiz adquirir os pré-requisitos básicos à execução de sua tarefa dentro da empresa.

As principais vantagens que se atribuem à instrução programada são, conforme KUETHE<sup>35</sup>, o fato de cada indivíduo poder determinar o seu ritmo individual de progresso e a possibilidade de obter um *feedback* imediato sobre os conhecimentos adquiridos. Também pode-se acrescentar a redução do tempo necessário ao treinamento e a flexibilidade, em termos de horários, para desenvolvimento do treinamento como vantagens de um sistema de instrução programada.

Este capítulo apresenta um modelo proposto para o desenvolvimento de um sistema de instrução programada para o treinamento de pessoal, fundamentado na estrutura funcional da técnica de Análise de Riscos HazOp, apresentada anteriormente. A finalidade deste sistema é o treinamento técnico-operacional de operadores e supervisores de plantas industriais sobre os procedimentos operacionais padronizados aos quais os processos estão submetidos, procurando a qualificação cognitiva destes operadores de modo a reduzir a possibilidade de falha humana dentro do sistema industrial.

## 4.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Os comentários a seguir apresentam alguns princípios teóricos que formam a base do treinamento de pessoal e da instrução programada. No entanto, não é intenção abordar, de forma completa, todos os assuntos e teorias desenvolvidas até então, e sim assinalar algumas idéias e pressuposições que nortearam a elaboração do modelo e que possam servir de auxílio para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

### 4.2.1. Educação X Treinamento de Pessoal

O treinamento de pessoal, como dito anteriormente, é um componente do processo educacional do homem, mais especificamente a preparação do homem para o desempenho adequado de sua profissão. Assim, algumas diferenças existem entre a educação, da forma como é concebida formalmente, onde se busca o alicerçamento do conhecimento do indivíduo, e o treinamento de pessoal, o qual possui metas bem definidas ao longo do seu desenvolvimento. Aqui estão algumas posições com relação à diferença existente entre educação e treinamento de pessoal, segundo a visão de alguns autores.

Segundo MACIAN<sup>38</sup>, pode-se fundamentar o processo educacional no trinômio ensino, aprendizagem, mudança de comportamento. O primeiro representa uma ação dirigida intencional de passagem de conhecimento e experiência acumulada de alguém mais experiente, instrutor, para um aprendiz, iniciante no domínio do conhecimento ensinado. A aprendizagem implica no processo pelo qual o aprendiz assimila os novos conhecimentos e a forma como ele os representa em sua estrutura mental. O último sugere o resultado do processo educacional, após o qual o aprendiz apresenta novas reações aos fatos apresentados, reações estas dentro de um determinado significado esperado. Macian defende que a educação expressa uma ação transformadora conjunta, onde todos os agentes atuam de forma sistêmica, influenciando-se reciprocamente, em múltiplas direções, com diferentes graus de liberdade, sendo o treinamento uma forma particular de educação, a educação para o trabalho. Desta forma, Macian afirma que "treinar é estimular mudanças de comportamento, direcionando-as para o melhor desempenho profissional".



Segundo as conclusões do Congresso Internacional de Ciências Administrativas, em 1953, descritas por PONTUAL<sup>42</sup>, "a educação refere-se a todos os processos pelos quais a pessoa adquire compreensão do mundo, bem como capacidade para lidar com seus problemas". Já com relação ao treinamento, Pontual descreve que este "indica a educação específica, que, conduzida na escola ou não, antes ou durante o trabalho, ajuda a pessoa a desempenhar bem suas tarefas profissionais".

Conforme TORELLO<sup>54</sup>, a educação visa à preparação do homem para a vida em sociedade, enquanto que o treinamento "procura criar ou desenvolver a qualificação profissional para o desempenho eficaz de tarefas bem especificadas e mensuráveis". E segundo FONTES<sup>23</sup>, *apud* MELIN<sup>39</sup>, o treinamento é definido como uma ação, previamente planejada, para desenvolver ou aperfeiçoar aptidões do funcionário, visando o aumento da produtividade, além de promover sua integração ao trabalho, propiciando-lhe maior bem-estar social.

HARMON e KING<sup>28</sup> distinguem o conhecimento adquirido pelo indivíduo durante o período escolar do conhecimento adquirido pela experiência. Segundo os mesmos, as pessoas utilizam o conhecimento adquirido durante o período escolar e o conhecimento absorvido de livros para desenvolver teorias abstratas, aplicáveis a diversas situações diferentes. Por outro lado, o conhecimento adquirido através da experiência e pela transferência mestre/aprendiz são fatos, dependentes do domínio, e heurísticas, os quais são gradualmente compilados com as teorias disponíveis sobre o domínio de tal forma que seja possível a execução de uma tarefa. A figura 4.1 a seguir apresenta esquematicamente estas definições de Harmon e King.

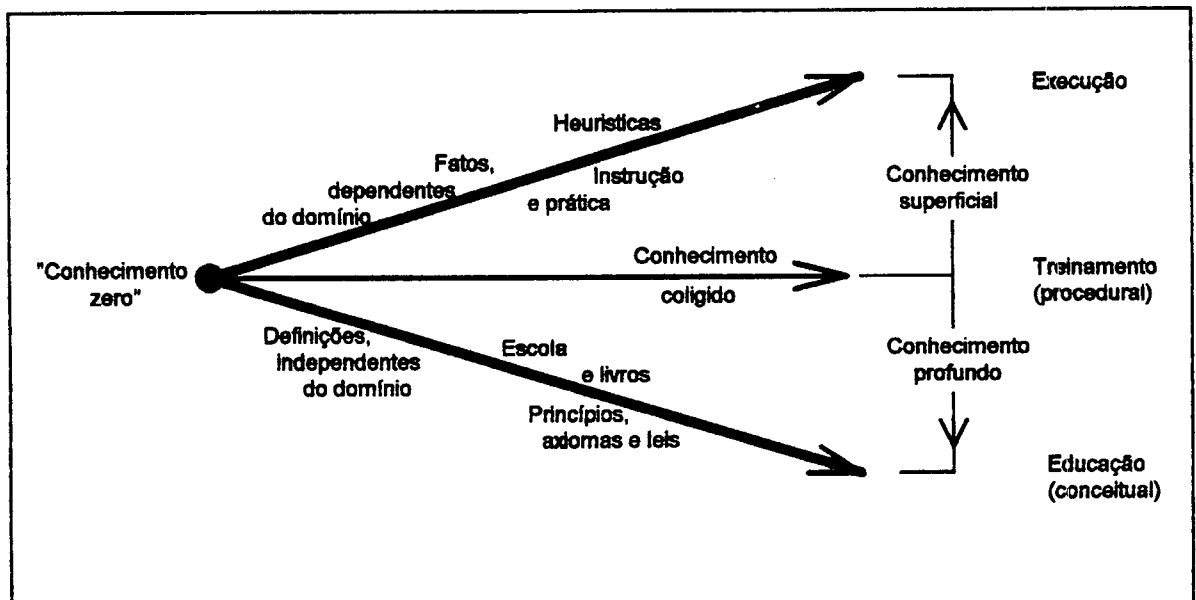


Figura 4.1 - Tipos de conhecimento e suas relações.

Portanto, observa-se que ao processo educacional cabe a formação da personalidade do indivíduo e a sua forma de agir frente às diversidades apresentadas pela vida. No entanto, o treinamento, como componente do processo educacional, busca o desenvolvimento de habilidades profissionais para atendimento das necessidades da empresa, bem como a integração do indivíduo em seu ambiente social.

#### 4.2.2. Principais Modalidades de Treinamento Industrial

O treinamento industrial atualmente ocupa espaço fundamental dentro das empresas, sendo utilizado para solucionar problemas tanto de ordem técnica como operacional, funcional e organizacional. A busca de melhores condições competitivas frente ao mercado fez com que as empresas se preocupassem com o treinamento de seus funcionários dentro de uma visão holística, englobando todos os setores e segmentos da organização, com a finalidade de capacitar o seu quadro funcional. Contudo, algumas modalidades de treinamento de pessoal se destacam dentro das indústrias conforme apresentado a seguir.

FERREIRA<sup>20</sup> faz uma classificação genérica do treinamento em dois grupos, segundo suas finalidades: funcional e correlato. O treinamento funcional é aquele que objetiva melhorar, modificar ou acrescentar hábitos ou atitudes, o comportamento na função, a atividade profissional, o exercício do cargo na relação homem/função. Por outro lado, o treinamento correlato baseia-se no aprimoramento, aperfeiçoamento ou desenvolvimento das habilidades do indivíduo frente à sua função profissional. Segundo o autor, apesar desta divisão, todo treinamento deve visar a formação, o aperfeiçoamento, o aprimoramento e o desenvolvimento do indivíduo com relação a sua atividade profissional.

Dentre as modalidades de treinamento que podem ser desenvolvidos dentro da empresa, destacam-se o treinamento introdutório ou de integração, o treinamento técnico ou técnico-operacional, o treinamento administrativo e o treinamento gerencial.

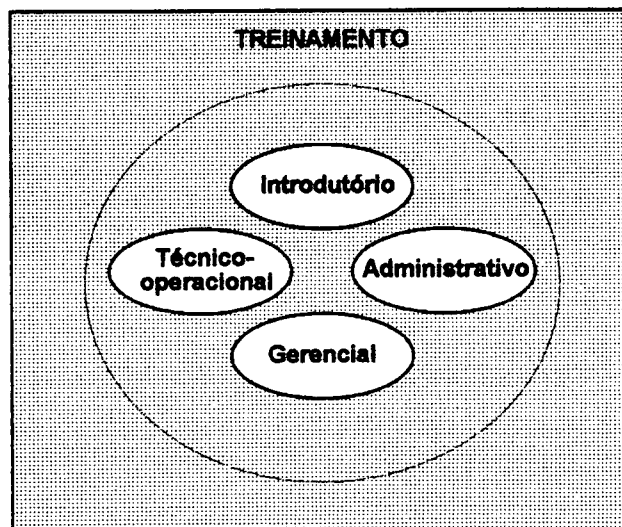


Figura 4.2 - Principais modalidades de treinamento industrial.

O treinamento introdutório é realizado quando da admissão de um novo funcionário na empresa, e antes que este assuma definitivamente o seu posto de trabalho, visando a integração do indivíduo ao ambiente empresarial. Durante este treinamento, procura-se passar ao novo funcionário uma visão global da organização, seus objetivos, sua política, suas diretrizes, etc., aquilo que a empresa espera dele e o que poderá lhe oferecer. O treinamento introdutório, segundo FERREIRA<sup>20</sup>, representa o fator definitivo para a conquista da lealdade, da vontade de fazer e do orgulho de pertencer à empresa, por parte do funcionário. Esta modalidade de treinamento nem sempre é empregada pelas empresas e, quando

utilizada, é desenvolvida de forma inadequada, o que causa graves problemas de ajustamento do novo funcionário dentro da organização.

O treinamento técnico-operacional é voltado para a capacitação técnica do funcionário em termos de fornecimento de informações e de desenvolvimento de habilidades profissionais, necessárias à execução correta e satisfatória da tarefa que lhe é solicitada. Devido a estar diretamente ligado ao desenvolvimento das tarefas produtivas, esta é a modalidade de treinamento mais afim com a produtividade da empresa. Neste sentido deve-se observar, conforme salienta TORELLO<sup>54</sup>, que diversos fatores estão interagindo para o desempenho da produtividade, de tal forma que, na elaboração e desenvolvimento de um treinamento desta natureza, não se pode esquecer das aptidões físicas e mentais do treinando, suas motivações e consequente disposição em cooperar com o procedimento proposto, além de suas condições sócio-econômicas. FERREIRA<sup>20</sup> alerta para a necessidade do uso de demonstrações experimentais durante o desenvolvimento do treinamento técnico-operacional, de forma a propiciar aos treinandos "a oportunidade de exercitarem o raciocínio para tirarem suas próprias conclusões sobre os princípios ou leis que fundamentam os fenômenos observados".

O treinamento administrativo visa habilitar e atualizar os funcionários da empresa sobre assuntos de natureza administrativa. Segundo FERREIRA<sup>20</sup>, esta modalidade de treinamento busca informar ao pessoal de supervisão sobre técnicas de administração e gerência, promover a melhoria dos processos de relacionamento interpessoais diretos e das comunicações, habilitar os funcionários (futuros supervisores) no domínio e manejo de técnicas de supervisão e processos de liderança, e infundir nos funcionários o espírito e a filosofia da empresa.

O treinamento gerencial é uma especialização do treinamento administrativo voltado especificamente à direção da empresa, visando cobrir aspectos técnicos, administrativos e comportamentais. Esta modalidade de treinamento é a que define a política e as ideologias da organização, pois cabe à direção da empresa o estabelecimento e a difusão das mesmas. Desta forma, segundo MACIAN<sup>38</sup>, o treinamento gerencial deve oferecer conhecimentos que propiciem uma "vivência histórica empresarial", preparando os executivos para representar a empresa hoje e para prever e planejar o desempenho esperado no futuro.

#### **4.2.3. Aprendizagem Humana**

As teorias da aprendizagem servem de base tanto para os objetivos da educação e do treinamento de pessoal quanto para psicoterapias e organizações industriais, procurando evidenciar as formas de aquisição de conhecimento por parte dos seres humanos e, deste modo, buscando explicar as tendências comportamentais dos indivíduos e das sociedades por eles constituídas. Desta forma, uma rápida incursão sobre alguns pontos importantes destas teorias contribuirá para um melhor entendimento da peculiar natureza humana, objeto do qual estamos tratando neste capítulo e agente de todo processo educacional.

Uma das formas de se classificar as tendências ideológicas que surgiram com o desenvolvimento das pesquisas sobre a aprendizagem humana é dividi-las em teorias connexionistas e teorias cognitivistas, conforme apresentado por HILL<sup>29</sup>. A teoria connexionista da aprendizagem, por um lado, assume que a aprendizagem é uma questão de conexões entre

estímulos\* e respostas\*\*, analisando como a experiência modifica essas relações. Enquanto que a teoria cognitivista, por outro, está preocupada com as cognições\*\*\* do indivíduo com respeito ao ambiente no qual está inserido, e com o comportamento do indivíduo frente a estas cognições. No entanto, apesar da divisão apresentada, não são raras as teorias intermediárias que procuram integrar os benefícios apresentados por estas duas linhas psicológicas de pensamento em busca de esclarecimentos sobre a aprendizagem humana.

No início do século XX, J. B. Watson liderou a formação das bases do conexionismo (iniciado pelos trabalhos de Igor P. Pavlov) através do estudo do comportamento (*behavior*), que surgiu como resultado de uma mudança dos rumos da psicologia, anteriormente preocupada apenas em compreender as sensações, pensamentos e sentimentos do homem. Watson considerava a aprendizagem como um condicionamento clássico, onde o comportamento é uma questão de reflexos condicionados, ou seja, de respostas aprendidas. Segundo Watson, nascemos com determinadas conexões estímulo-resposta, denominadas reflexos, e, através do condicionamento de situações de estímulo-resposta, podemos formar novas conexões, as quais delineiam nosso comportamento. Segundo HILL<sup>29</sup>, a teoria de Watson baseava-se nos princípios de frequência e recentidade, através dos quais afirmava que quanto maior a frequência de uma resposta a um determinado estímulo e quanto mais recentemente estiver ocorrido esta conexão, maior a probabilidade desta situação ser reproduzida novamente. Edwin R. Guthrie deu continuidade aos princípios defendidos por Watson, e afirmava que a aprendizagem somente é possível enquanto ocorrerem conjuntamente um estímulo condicionado e uma resposta a este estímulo.

A teoria do reforço, desconsiderada por Watson e por Guthrie, foi acrescentada à linha conexionista por Edward L. Thorndike. Esta teoria alertava para o fato de que a fixação das conexões estímulo resposta não ocorria apenas quando estes fossem efetuados conjuntamente, mas que esta fixação também era decorrência dos efeitos que acompanhavam a resposta. Neste sentido, caso um estímulo fosse acompanhado de uma resposta e de um fator de satisfação (um reforço), esta conexão seria fortalecida. Desta forma, o reforço é considerado como um estímulo incondicionado. Trabalhos posteriores, como os de Neal Miller e Clark Hull (o qual deu ao conceito de reforço uma estrutura lógica baseada em postulados e teoremas) confirmaram a teoria do reforço dentro do behaviorismo.

Por volta de 1970, Burrhus F. Skinner, que não dava importância às teorias apresentadas até então, dividiu a aprendizagem em dois tipos diferentes. A primeira baseava-se no comportamento respondente, ou seja, no condicionamento clássico de Pavlov. A segunda consistia da aprendizagem do comportamento operante, o qual é considerado por Skinner como um comportamento emitido pelo organismo (andar, falar, brincar, etc.). O comportamento operante também é controlado por estímulos, mas este controle ocorre de forma parcial e condicional. Desta forma, Skinner acrescentou ao conexionismo o denominado condicionamento operante, que se baseia no mesmo tipo de aprendizagem descrita por Thorndike. O reforço, que no caso dos reflexos é o estímulo incondicionado, no caso dos operantes é a recompensa. Skinner também deu atenção aos reforçadores negativos, diferenciando-os dos reforçadores positivos e afirmando que os primeiros se constituíam de estímulos aversivos que o indivíduo normalmente rejeita.

---

\* Estímulo - qualquer *input* de energia com tendência a afetar o comportamento.

\*\* Resposta - qualquer elemento do comportamento.

\*\*\* Cognições - percepções e/ou atitudes e/ou crenças.

A tradição cognitivista, que se iniciou um ano antes da conexionista, através de Max Wertheimer, seguido por Wolfgang Köhler e Kurt Koffka, se opunha às tendências associacionistas dos teóricos conexionistas. Os cognitivistas enfatizavam que as partes de um sistema estão dinamicamente inter-relacionadas de tal modo que não se pode inferir o todo a partir de suas partes tomadas em separado. Wertheimer atribuiu à esta característica de totalidade de um sistema a palavra alemã *gestalt*, que significa forma, padrão ou configuração. Segundo estes precursores do cognitivismo, a aprendizagem tomaria a forma de um *insight*, o qual consiste de uma reorganização súbita do campo da experiência, como um sentimento ou convicção de que agora se compreende realmente. Sob este ponto de vista, aprender é uma questão de transformar uma *gestalt* em outra, sendo que esta transformação pode ocorrer tanto por uma experiência nova como através do pensamento ou da simples passagem do tempo.

Com base nestas duas linhas distintas de pensamento analítico, diversos pesquisadores tentaram associar as vantagens das teorias conexionistas com as vantagens das teorias cognitivistas, em busca de uma explicação mais completa sobre o comportamento humano. Edward Chace Tolman, neste sentido, apresentou o behaviorismo intencional. Para Tolman, o princípio de que uma resposta está associada a um determinado estímulo, da tradição conexionista, era afetado pelas variáveis intervenientes, ou cognições, do indivíduo sobre o ambiente. Jean Piaget usa como variável interveniente o esquema\*, e atribui o desenvolvimento cognitivo à formação e à modificação destes esquemas. Assim, para Piaget, o processo de aprendizagem se baseia no binômio assimilação/acomodação de fatos na memória do indivíduo.

No entanto, o psicólogo que mais se dedicou aos aspectos de aprendizagem ligados ao treinamento industrial foi Robert M. Gagné. Para Gagné, mais importante do que os princípios psicológicos da aprendizagem é a sua efetiva aplicação e, para tal, salienta a necessidade de uma análise da tarefa em suas partes constituintes de sorte a se estabelecer a estrutura hierárquica dos conhecimentos a serem transmitidos. GAGNÉ<sup>24</sup>, baseado nos trabalhos de diversos teóricos conexionistas e cognitivistas, identificou oito tipos de aprendizagem:

**Tipo 1 - Aprendizagem de sinais:** o aprendiz aprende a dar uma resposta geral e difusa a um sinal - o reflexo condicionado de Pavlov e Watson. Neste tipo de aprendizagem o estímulo condicionado deve preceder o incondicionado, num intervalo de tempo bastante curto.

**Tipo 2 - Aprendizagem do tipo estímulo-resposta:** o indivíduo aprende uma resposta precisa a um estímulo discriminado, ou seja, uma conexão - segundo Thorndike, ou uma operação discriminada - segundo Skinner.

**Tipo 3 - Aprendizagem em cadeias:** uma cadeia significa a conexão de um conjunto de associações entre estímulos e respostas. A aprendizagem de cadeias consiste na aquisição de duas ou mais conexões estímulo-resposta, e pode começar tanto pelo fim da cadeia (pelo último elo) como pelo início (pelo primeiro elo da cadeia). As

---

\* Conforme HILL<sup>29</sup>, esquema é uma cognição bastante generalizada, um elemento da estrutura cognitiva.

condições para este tipo de aprendizagem foram descritas principalmente por Skinner.

**Tipo 4 - Aprendizagem de associações verbais:** semelhante ao tipo 3, é uma aprendizagem de cadeias verbais.

**Tipo 5 - Aprendizagem de discriminações múltiplas:** neste caso o aprendiz necessita dar respostas diferenciadas a diferentes estímulos, estabelecendo um determinado número de cadeias que demonstrem a falta de semelhança entre várias coisas.

**Tipo 6 - Aprendizagem de conceitos:** este tipo de aprendizagem torna possível ao indivíduo reagir a pessoas ou fatos como um todo. O indivíduo adquire a capacidade de dar respostas iguais a um grupo de estímulos, os quais podem diferir na sua forma física.

**Tipo 7 - Aprendizagem de princípios:** um princípio é uma cadeia de dois ou mais conceitos e representa as relações existentes entre estes conceitos.

**Tipo 8 - Resolução de problemas:** este tipo de aprendizagem requer operações mentais mais complexas, envolvendo os outros tipos analisados. O indivíduo adquire uma capacidade ou conhecimento.

Os tipos de aprendizagem descritos por Gagné são muito utilizadas para seleção do tipo de treinamento a ser empregado. MACHIAVERNI<sup>37</sup> recomenda o uso da instrução programada para o desenvolvimento de treinamentos onde os assuntos a serem abordados envolvam os tipos de aprendizagem 2, 3, 6, 7 e 8, apresentadas por Gagné. Também salienta que qualquer treinamento, por mais simples que seja, sempre envolve diversos tipos de aprendizagem e que, apesar deste fato, se faz necessário identificar o desempenho desejado que seja mais relevante para a execução da tarefa e desenvolver o treinamento baseado neste aspecto.

Até este ponto, analisamos o processo de aprendizagem sob uma visão estritamente psicológica. Para complementar este item, vamos observar algumas considerações com respeito a como ocorre a aprendizagem do ponto de vista neurobiológico. Conforme RICHARD<sup>45</sup>, as células nervosas são perfeitamente individualizadas, sendo o seu contato realizado através das sinapses. De forma simplificada, a sinapse ocorre através da liberação de um neuromediador, ativada pelo potencial de ação que percorre o axônio (despolarização), permitindo a ativação do próximo neurônio. A figura 4.3, na próxima página, representa esquematicamente o funcionamento sináptico que permite a comunicação entre neurônios.

Conforme citado por Hebb, *apud* FIALHO<sup>21</sup>, o treinamento implica num fortalecimento das ligações sinápticas entre os neurônios. Na realidade, o que ocorre é um aumento da sensibilidade das células pós-sinápticas, de tal modo que quando ocorrer uma nova comunicação entre os neurônios, correntes maiores serão geradas nos dendritos.

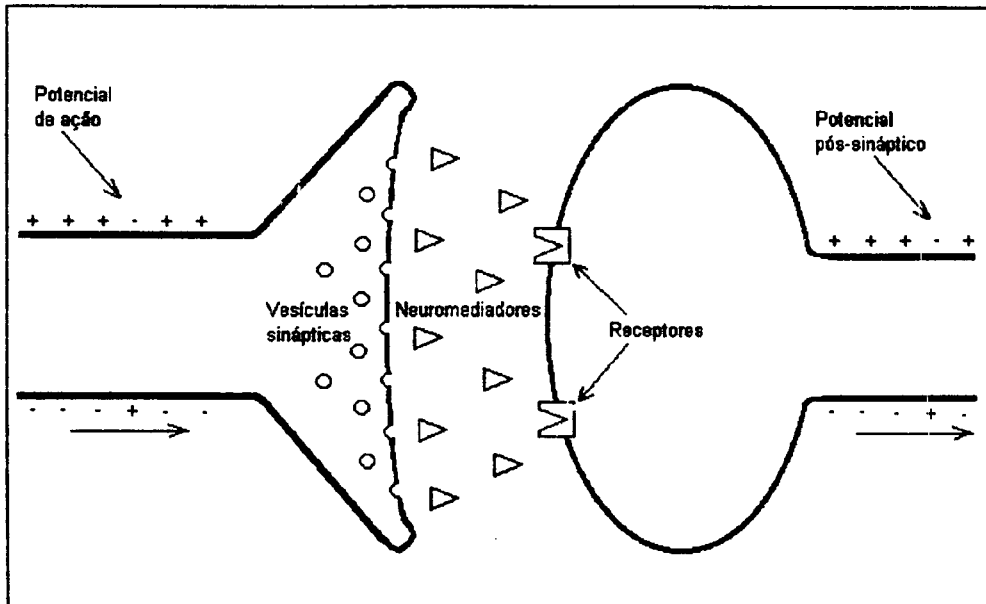


Figura 4.3 - Representação esquemática do funcionamento sináptico

As idéias sobre como se procede a aprendizagem apresentadas neste item, tanto sob um paradigma psicológico como biológico, sustentam o desenvolvimento de um modelo para treinamento de operadores e supervisores de plantas industriais, conforme apresentado no próximo item.

*"Todo o trabalho é um comportamento adquirido por aprendizagem e tido de se adaptar às exigências de uma tarefa"*

OMBREDANE e FAVERGE<sup>40</sup>, apud SANJOS<sup>47</sup>

#### 4.3. O MODELO PROPOSTO

O modelo do sistema de instrução programada aqui proposto busca o aproveitamento dos resultados obtidos pela aplicação da técnica de Análise de Riscos HazOp para o desenvolvimento de treinamento técnico-operacional de operadores e supervisores de plantas industriais. Este modelo visa a melhoria do conhecimento operacional dos responsáveis pelo funcionamento de uma unidade industrial a fim de minimizar a possibilidade de falha humana dentro do sistema.

Os resultados do HazOp, que apresentam de forma sistemática os riscos operacionais oriundos do processo industrial, são considerados, dentro deste modelo, como o conhecimento a ser transmitido aos aprendizes, ou melhor, aos operadores e supervisores responsáveis pela operação da planta. Desta forma, instrui-se estes trabalhadores sobre os riscos presentes, fornecendo-lhes informações sobre os desvios operacionais passíveis de ocorrência durante a operação do sistema bem como sobre as causas e as consequências destes desvios e as atitudes que devem ser tomadas para minimizar ou eliminar os mesmos.

O modelo proposto é constituído por sete módulos: HazOp, Treinamento, Avaliação, Registro/Interface, Estratégias de Treinamento, Conhecimento e Simulador. A figura 4.4 a

seguir apresenta o modelo desenvolvido, buscando simplificar e evidenciar as interações e as relações mais importantes entre cada um de seus módulos constituintes.

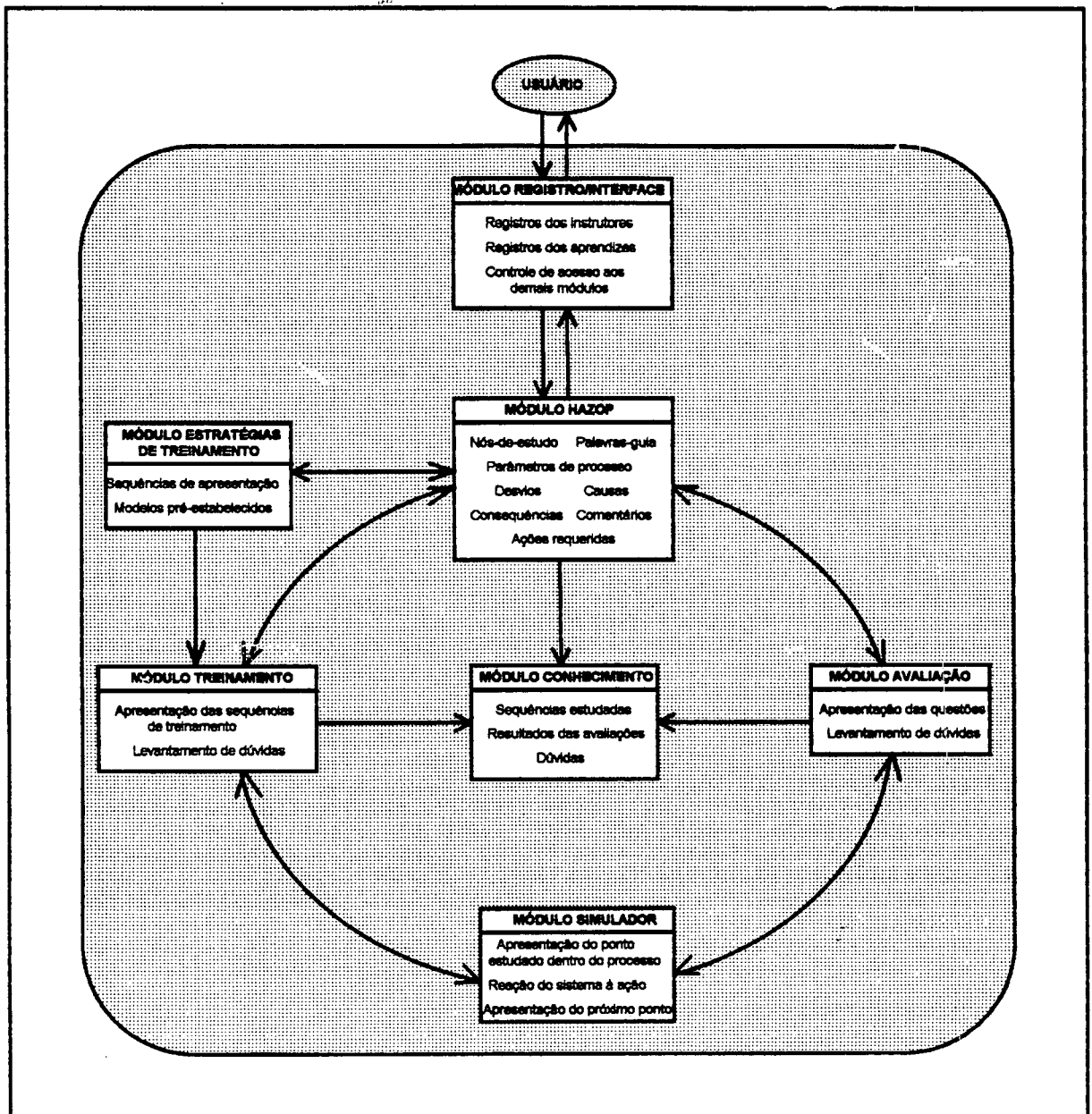


Figura 4.4 - Modelo de instrução programada para treinamento técnico-operacional.

#### 4.3.1. Módulo HazOp

O módulo HazOp permite a inserção, de maneira sequencial, da base de conhecimentos do domínio sobre o qual o aprendiz será treinado. A base de conhecimentos é construída através das relações entre nós-de-estudo, parâmetros de processo, palavras-guia, desvios, causas e consequências, estabelecendo-se uma estrutura hierárquica como demonstrado na figura 4.5. Cabe salientar que a aquisição do conhecimento sobre o domínio e a respectiva representação deste conhecimento são tarefas previamente desenvolvidas através da aplicação da técnica HazOp sobre a planta industrial, conforme apresentado no capítulo anterior.



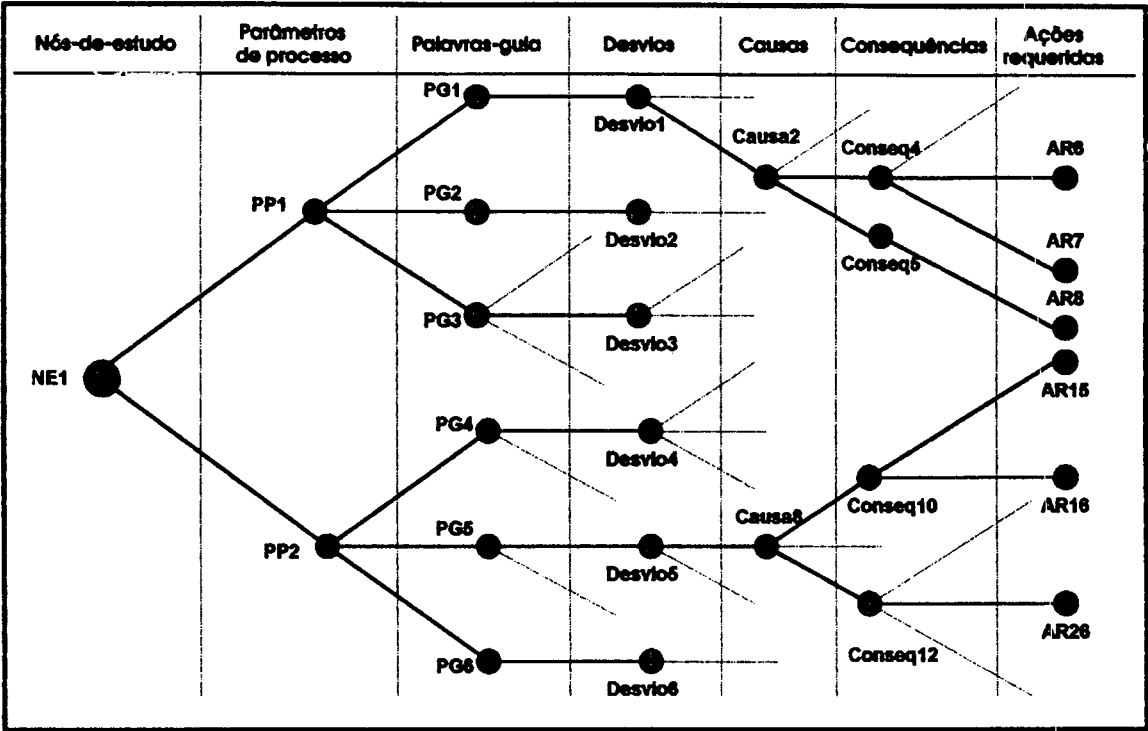


Figura 4.5 - Estrutura hierárquica da base de conhecimentos do módulo HazOp.

Como pode ser observado, a estrutura da base de conhecimentos procura manter a ordem e o formato dos resultados apresentados pelos estudos de HazOp. A grande vantagem da estrutura hierárquica apresentada pela base de conhecimentos é a facilidade do estabelecimento de diferentes estratégias de treinamento em função do tipo de conhecimento inicial do aprendiz e da área de atuação do mesmo. O instrutor pode especificar quais pontos dentro da base de conhecimentos devem ser apresentados ao aprendiz, estabelecendo uma sequência lógica de aprendizagem e utilizando um sistema de aprofundamento gradual da complexidade das informações transmitidas.

No entanto, o instrutor não poderá fazer uso direto dos resultados do HazOp, da maneira como estão representados nos registros do estudo. Para que o conhecimento constante dos registros do HazOp possa ser utilizado eficientemente com o propósito de treinamento de pessoal, um refinamento dos resultados se faz necessário. Para tal, deve ser realizada uma análise completa do conteúdo dos registros do estudo de sorte a se estabelecer uma sintaxe e uma semântica adequada ao nível de conhecimento dos aprendizes. Portanto, a relação nó-de-estudo, parâmetro de processo, palavra-guia, desvios, causas, consequências e ações requeridas deve possuir um sentido claro, bem estabelecido e facilmente compreensível pelos integrantes do plano de treinamento. Além do mais, as ações sugeridas, ou seja, aqueles problemas que ainda não foram solucionados conforme sugerido pelo estudo, não devem constituir inicialmente a base de conhecimentos, sendo inseridos somente após resolvidos.

Após este ajuste, os resultados do estudo estão prontos para serem alimentados no sistema. A inserção da base de conhecimentos se faz na mesma ordem apresentada pelos registros do HazOp, ou seja, a sequência: nó-de-estudo, parâmetro de processo, palavra-guia, desvio, causa, consequência e ação requerida.

Após inserida, a base de conhecimentos pode ser manipulada conforme desejado, principalmente quando ocorrerem mudanças no processo industrial em estudo. Isto significa que o instrutor pode modificar ou atualizar constantemente a base de conhecimentos sobre o processo industrial em questão, além de ter a possibilidade de atuar com diferentes bases de conhecimento, ou seja, com resultados de HazOp de diferentes partes da planta. Este último é possível através de operações de salvamento da base de conhecimentos em arquivo e sua posterior obtenção por leitura, procedimento também incluso neste módulo.

### 4.3.2. Módulo Estratégias de Treinamento

Este módulo permite que se estabeleçam as estratégias de treinamento a serem desenvolvidas ao longo do período de treinamento, as quais se constituem das sequências de apresentação das informações ao aprendiz.

As estratégias a serem desenvolvidas são especificadas pelo instrutor responsável pelo treinamento, ficando a cargo do mesmo o estabelecimento de qual conhecimento deve ser transmitido ao aprendiz, em função da sua atividade dentro da planta. Para tal, uma análise da tarefa deve ser desenvolvida.

A análise da tarefa consiste na coleta de informações sobre o que o funcionário deve realizar e as condições desta realização, para cada atividade a ser abordada pelo treinamento. HANNUM e HANSEN<sup>27</sup> recomendam que uma análise desta natureza baseie-se na divisão de uma atividade em suas partes, ou funções, dividindo estas, por sua vez, em unidades chamadas tarefas, conforme a figura 4.6 a seguir.

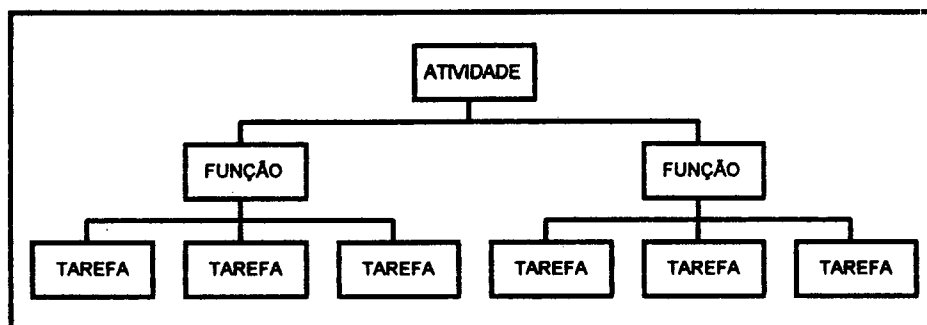


Figura 4.6 - Decomposição do trabalho.

Desta forma, uma análise completa da tarefa deve incluir uma indicação de todas as funções e tarefas que constituem o desenvolvimento de uma atividade por parte do trabalhador.

Segundo SANTOS<sup>47</sup>, que apresenta o assunto sob um enfoque ergonômico, é conveniente dividir a análise da tarefa em três fases distintas: delimitação do sistema homem-tarefa\*, descrição dos elementos que compõe este sistema e avaliação das exigências do trabalho.

\* Segundo SANTOS<sup>47</sup>, o sistema homem-tarefa pode ser uma única máquina com um único trabalhador, uma estação de trabalho com vários operadores, uma seção de uma determinada empresa onde várias pessoas trabalham, ou ainda, a empresa no seu conjunto, com todos os seus trabalhadores, e o seu estabelecimento segue a teoria geral dos sistemas.

Qualquer que seja a forma de análise da tarefa utilizada, esta deve procurar identificar os conhecimentos necessários para o desenvolvimento adequado e correto da função. Assim, o instrutor pode estabelecer quais conhecimentos devem ser transmitidos para o aprendiz e a sequência mais adequada para a sua apresentação.

Algumas recomendações, do ponto de vista psicológico, também são importantes para que o treinamento se torne mais eficaz e busque uma melhor integração entre o sistema de instrução e os aprendizes que o utilizam.

Baseado no princípio de reforço seletivo de Skinner, a estratégia de treinamento a ser aplicada deve buscar, inicialmente, oferecer reforços às situações mais gerais, e não punir imediatamente os erros do aprendiz. Neste sentido aconselhamos que, primeiramente, sejam transmitidos os conhecimentos mais corriqueiros e menos complexos, como situações que ocorrem normalmente dentro do sistema e que necessitem de ações simples (por exemplo, o fechamento de uma válvula de uma linha de vapor d'água, caso a temperatura de reação ultrapasse o valor especificado) ou que não afetem sobremaneira o funcionamento do processo. Evitando apresentar ao aprendiz todo o conteúdo constante da base de conhecimentos em uma única etapa, evita-se que o mesmo receba reforços negativos devido aos erros que fatalmente cometerá quando se defrontar com a avaliação dos conhecimentos adquiridos. Portanto, o treinamento deve buscar um aprofundamento gradual do conhecimento sobre o sistema em estudo e não uma apresentação complexa de situações isoladas e não relacionadas ao aprendiz.

O estabelecimento da sequência de nós-de-estudo e desvios que devem ser apresentados ao aprendiz deve se basear no procedimento operacional da planta ou processo industrial em questão. Isto significa que a sequência de desvios gerados a partir de uma situação anormal de operação deve ser obedecida quando do estabelecimento das sequências de treinamento.

Cabe ainda salientar a necessidade de que as sequências de treinamento sejam especificadas em função das características de aprendizagem do aprendiz. Estas características devem ser paulatinamente estabelecidas pelo instrutor ao longo do treinamento. Através da análise dos dados contidos no módulo conhecimento, apresentado no item 4.3.7, o instrutor pode estabelecer as características de cada aprendiz e, deste modo, buscar sanar as falhas e aprimorar as virtudes individuais, refinando o processo de treinamento. Propõe-se, para tal, que o instrutor inicie com uma sequência de treinamento geral para todos os aprendizes e busque, ao longo do treinamento, identificar qual tipo de aprendizagem se adapta melhor a cada aprendiz.

#### **4.3.3. Módulo Treinamento**

Este é o módulo responsável pela efetivação do processo de instrução do aprendiz, apresentando as sequências de nós-de-estudo, desvios, causas, consequências e ações requeridas, especificados pelo instrutor ao definir suas estratégias de treinamento. Este módulo permite ao aprendiz utilizar o tempo que acreditar necessário para estudo de cada situação apresentada, fato este que se constitui em uma das grandes virtudes da utilização da instrução programada para o treinamento de pessoal.

Caso não fique totalmente claro a situação que está sendo instruída ou a forma como ela foi apresentada, o aprendiz pode formular suas dúvidas a respeito do tema para posterior análise pelo instrutor. Estas dúvidas são armazenadas, conjuntamente com a sequência de treinamento que está sendo apresentada no momento, dentro do módulo conhecimento. As dúvidas armazenadas podem ser acessadas pelo instrutor para que este identifique mal-entendidos do aprendiz, ou seja, interpretações errôneas sobre o assunto consideradas corretas pelo aprendiz. Deste modo o instrutor, caso deseje, pode adaptar a próxima sequência de treinamento a ser apresentada de tal forma que aqueles conhecimentos necessários ao entendimento correto da situação sejam novamente repassados ao aprendiz sob uma outra forma, dentro de outra linha de treinamento.

#### 4.3.4. Módulo Avaliação

O módulo Avaliação busca verificar o conhecimento adquirido pelo aprendiz após o estudo das situações operacionais apresentadas pelo módulo Treinamento. O sistema de avaliação proposto pelo modelo é baseado no reconhecimento e lembrança destas situações anteriormente apresentadas ao aprendiz. Esta escolha se deve principalmente ao fato de que a situação de decisão enfrentada pelo operador ou supervisor de uma planta industrial no ambiente real de trabalho, frente a um desvio de operação do sistema, está baseada na associação do acontecimento anormal a uma situação já enfrentada anteriormente, seja em caráter real ou simulado. Desta forma, fatores tais como a complexidade das informações aprendidas e o intervalo entre a aprendizagem e a avaliação influenciam na precisão do reconhecimento. Este aspecto está baseado na teoria de SCHANK<sup>48</sup>, *apud* VERGARA<sup>55</sup>, onde o processo de resolução de problemas, por parte do operador, está baseado em analogias com situações previamente resolvidas, e envolve a organização, o armazenamento e a recuperação de informações da memória.

Portanto, através de um questionamento de múltiplas escolhas, pré-estabelecido pelo instrutor ao definir a estratégia de treinamento, o aprendiz é levado a reconhecer qual a causa, a consequência ou a ação requerida para um determinado desvio das intenções de operação, conforme apresentado pela questão. Isto significa que o aprendiz deve conhecer tanto os fatos geradores do desvio como os acontecimentos *a posteriori* e as ações necessárias para eliminar ou minimizar estas consequências e, para tal, deve possuir uma compreensão geral sobre o processo operacional e seus desvios.

O critério de aprovação ou reprovação do aprendiz frente ao conhecimento adquirido fica a cargo do instrutor, e também é especificado com a estratégia de treinamento. No entanto, cabe salientar que, dentro do ambiente de trabalho real, as falhas de interpretação ou ação frente às situações apresentadas podem resultar em perdas graves ao sistema controlado.

No entanto, algumas considerações se fazem necessárias sobre este aspecto. Para Skinner, a apresentação de punições imediatas ao erro cometido pelo indivíduo podem causar reações colaterais no comportamento do mesmo e, segundo ele, deve-se evitar este tipo de reforço negativo. Porém, alguns autores recomendam o reforço imediato após a resposta, como forma de aumentar a probabilidade de repetição das situações corretas e a eliminação de percepções incorretas sobre os conhecimentos transmitidos.

Buscando uma abordagem um pouco mais cognitivista, salientamos que uma resposta não é apenas dependente de um estímulo, condicional ou incondicional, mas está relacionada principalmente à compreensão da situação por parte do aprendiz, ou seja, depende das suas cognições sobre a estrutura do ambiente em questão. Portanto, as respostas às situações apresentadas durante a avaliação dependerão não apenas de como foram apresentadas as informações ao indivíduo, mas também estarão associadas à forma como o indivíduo assimilou o conhecimento transmitido durante o treinamento.

#### **4.3.5. Módulo Simulador**

A ideia principal do módulo simulador é apresentar ao aprendiz em que ponto do processo está ocorrendo a situação anormal apresentada. Este fato ocorre sempre que um novo quadro da sequência de treinamento é apresentada ao aprendiz, no módulo treinamento, e sempre que for necessário o reconhecimento de uma ação sobre determinada situação, no módulo avaliação. Neste último caso, a ação escolhida pelo aprendiz pode ser simulada e os resultados do procedimento por ele adotado podem ser apresentados pelo módulo, o que constitui a própria avaliação da ação escolhida e substitui a apresentação de questões ao aprendiz.

A utilização deste módulo pelo instrutor como forma de informar se a ação do aprendiz foi correta ou incorreta representa um esquema de reforço à ação, pois ele próprio, ao reconhecer uma situação corretamente, constatará o reequilíbrio do sistema em estudo através da simulação de sua resposta.

#### **4.3.6. Módulo Registro/Interface**

Este módulo permite o registro dos dados pessoais sobre os instrutores e aprendizes que fazem uso do sistema e controla o acesso a determinados pontos do sistema. Desta forma, somente os instrutores possuem acesso irrestrito a todos os módulos e a seus conteúdos e procedimentos. Os módulos Estratégias de Treinamento, Conhecimento e HazOp não são acessados pelos aprendizes, buscando preservar os dados neles contidos para alteração ou análise por parte dos instrutores.

#### **4.3.7. Módulo Conhecimento**

A função principal do módulo conhecimento é registrar e armazenar as ações do aprendiz frente ao sistema, ou seja, as sequências de treinamento desenvolvidas, as respostas dadas quando da avaliação de conhecimentos e as dúvidas apresentadas pelo aprendiz ao decorrer do treinamento e da avaliação. Desta forma, cada aprendiz possuirá um conjunto de informações que podem ser acessadas e analisadas pelo instrutor a fim de corrigir ou modificar a estratégia de treinamento empregada.

## CAPÍTULO V

### SISTEMA DE TREINAMENTO HAZOP

"SE QUISERMOS ... QUE ESSE PROCESSO DE TRANSFERÊNCIA DE CONHECIMENTO ESPECIALIZADO SE FAÇA DE MANEIRA CORRETA, É PRECISO ABANDONAR A IDÉIA DE QUE O PERITO FUNCIONA COMO UMA MÁQUINA."  
PIERRE LÉVI, in PESSIS-PASTERNAK<sup>41</sup>

#### 5.1. APRESENTAÇÃO

O erro humano é um dos principais fatores de risco presente em procedimentos operacionais de plantas industriais e o aspecto mais condescendente para o agravamento deste quadro é a falta de treinamento dos trabalhadores.

Procurando amenizar este problema, que é frequente nas indústrias, foi elaborado, com base nos princípios até aqui apresentados e no modelo de instrução programada desenvolvido no capítulo anterior, um protótipo de um sistema para auxiliar no treinamento de funcionários.

A área de interesse específico do conhecimento para a qual foi desenvolvido o protótipo do sistema está situada dentro da Gerência de Riscos, mais especificamente na técnica de Análise de Riscos HazOp. Desta forma, como apresentado nos capítulos anteriores, o conhecimento obtido pela aplicação desta técnica é utilizado para o treinamento técnico-operacional de operadores e supervisores de plantas industriais, através de instrução programada.

Este posicionamento permite que a estrutura sistemática e sequencial apresentada pelos estudos de HazOp, os quais rastreiam os pontos potencialmente perigosos de uma planta industrial em busca de riscos e do estabelecimento de procedimentos operacionais corretos e seguros, possa ser aproveitada para o treinamento de funcionários, complementando o aspecto preventivista apresentado pela Gerência de Riscos.

A construção do protótipo está fundamentada nos princípios sustentados pela análise orientada a objetos e utiliza, como banco de conhecimentos, uma estrutura do tipo HazOp, ou seja, conhecimentos específicos sobre os procedimentos operacionais de uma determinada planta industrial.

Apesar de ter sido desenvolvido com vistas ao treinamento de operadores e supervisores de plantas industriais, diversas são as utilidades que podem ser atribuídas a este sistema. Além de seu uso para treinamento de funcionários, o sistema pode ser utilizado simplesmente para armazenar informações a respeito dos processos constituintes de plantas industriais, o que permite que os operadores tenham acesso aos dados sobre os procedimentos existentes com relação à unidade pela qual são responsáveis, ou pode servir de fonte de informações sobre os riscos aos quais a planta está sujeita, auxiliando o desenvolvimento de outras técnicas de análise ou programas de gerenciamento de riscos.

## 5.2. O AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO

O sistema de desenvolvimento de aplicações KAPPA\*, utilizado como ambiente para construção do *software* de instrução programada, é uma ferramenta auxiliar na elaboração de sistemas especialistas que permite simular sistemas complexos, facilitando a representação do conhecimento. O KAPPA é usado basicamente para construir aplicações baseadas em conhecimento, ou seja, sistemas que capturam o conhecimento necessário para compreensão de algum domínio, os quais são utilizados em tarefas como planejamento, diagnósticos, projeto, simulação, treinamento, interpretação de dados, etc.

No KAPPA, os componentes do domínio são apresentados em objetos\*\*, que podem representar classes ou instâncias de classes, além de conceitos concretos ou abstratos. As relações entre os objetos constituintes do domínio são representadas por meio de uma estrutura hierárquica ou modelo do conhecimento.

Através da modelagem do conhecimento, uma reprodução do domínio pode ser criada e seus componentes podem ser representados por classes, subclasses, instâncias e *slots*. Uma classe é um objeto mais geral, é uma coleção ou um grupo particular de instâncias, que são objetos mais específicos. Uma subclasse constitui-se de uma classe que é "parte de" ou subconjunto de outra classe. Os *slots* podem ser entendidos como uma descrição das características de um determinado objeto do domínio, ou seja, cada descrição de uma instância é representada como um *slot* com um determinado valor determinado pelo domínio. O conjunto destes *slots* representa todas as propriedades importantes do objeto real.

A relação entre classes, subclasses e instâncias cria uma hierarquia de objetos, onde os objetos descendentes herdam as características - representadas pelos *slots* - dos objetos ascendentes ou predecessores. Além da herança de *slots*, os objetos do domínio podem possuir seus próprios *slots* e compartilhar ou utilizar *slots* de outros objetos. Por conseguinte, esta herança de *slots* entre objetos em ordem hierárquica permite a representação da estrutura do conhecimento do domínio.

A inferência entre os objetos do domínio pode ser desenvolvida através de técnicas de programação orientada a objetos, raciocínio baseado em regras, programação procedural ou uma combinação entre as mesmas. No entanto, o desenvolvimento do protótipo baseou-se na utilização da programação orientada a objetos, devido principalmente à característica de portabilidade de programas apresentada por este tipo de programação, ou seja, a facilidade de portar programas entre diferentes ambientes computacionais.

### 5.2.1. A programação orientada a objetos no KAPPA

A programação orientada a objetos fornece um caminho natural para representação de entidades do domínio que possuem a habilidade de agir por si próprias.

---

\* KAPPA - marca registrada da IntelliCorp, Inc.

\*\* Segundo COAD e YOURDON<sup>11</sup>, objeto é "uma abstração de alguma coisa em um domínio de problemas, exprimindo as capacidades de um sistema de manter informações sobre ela, interagir com ela, etc."

No KAPPA, um programa orientado a objetos é composto de uma estrutura de dados chamados objetos. Cada objeto contém dois tipos básicos de informações: informações que descrevem o objeto e informações que especificam as ações do objeto. A descrição do objeto é feita através de *slots*, como apresentado anteriormente, enquanto que as ações que um objeto pode executar são representadas por métodos. Métodos são procedimentos que representam os serviços do objeto e são ativados através do envio de mensagens.

Quando um objeto recebe uma mensagem correspondente a um de seus métodos, este método é ativado e o objeto executa o procedimento especificado pelo método. O método utiliza, tipicamente, os valores dos *slots* do objeto quando ele executa o procedimento.

### 5.2.2. A linguagem de programação

O ambiente KAPPA utiliza uma linguagem de programação própria, a KAL, que permite adicionar ou remover informações da base de conhecimentos, questionar sobre a informação contida na base de conhecimentos e definir expressões (métodos, regras e funções), utilizando funções pré-definidas e uma sintaxe similar à outras linguagens de programação, como Pascal e C.

### 5.2.3. O desenvolvimento de interfaces gráficas

Para o desenvolvimento de interfaces com o usuário, o KAPPA possui um pacote (ActiveImages) que contém botões, *bitmaps*, *drawings*, etc., que são dispostos em janelas denominadas *sessions*, permitindo a interação do usuário com o sistema. Esta interação se efetua através da escolha de botões e quadros de opções, e através da observação de indicadores que mostram valores de determinados componentes do sistema e os seus comportamentos durante a operação do sistema.

## 5.3. A ANÁLISE DO SISTEMA

Antes da implementação do protótipo, o sistema foi modelado à luz dos conceitos defendidos pela análise baseada em objetos (AOO), conforme apresentado por COAD e YOURDON<sup>11</sup>, buscando identificar os objetos, as estruturas\*, os atributos\*\* e os serviços\*\*\* que melhor representam o modelo de instrução programada proposto no capítulo anterior.

A AOO foi desenvolvida com base nos módulos: HazOp, Treinamento, Avaliação, Registro/Interface e Conhecimento, e parte do módulo Estratégias de Treinamento, do modelo de instrução programada. Desta análise resultaram as unidades: HazOp, Treinamento,

---

\* Segundo COAD e YOURDON<sup>11</sup>, "estrutura é uma expressão da complexidade do domínio do problema, pertinente às responsabilidades do sistema".

\*\* Um atributo é um dado, uma informação de estado, para o qual cada objeto, em uma classe, tem seu próprio valor. Os atributos de um objeto devem ser manipulados exclusivamente por serviços. São os *slots* do Kappa.

\*\*\* Um serviço é um comportamento específico que um objeto deve exibir, ou seja, são as operações que devem ser efetuadas pelos objetos. São os métodos do Kappa.



Avaliação e RIC, as quais estão representadas no Anexo A, ao nível de Classe-&-Objetos\*, estruturas, atributos e serviços. Os Anexos B e C apresentam glossários dos atributos e serviços, respectivamente, das unidades do sistema.

As estruturas identificadas durante a análise são do tipo generalização-especialização e todo-parte. Estruturas de generalização-especialização representam uma relação "é um tipo de" entre os objetos, enquanto que estruturas todo-parte exprimem uma relação "tem um" entre objetos.

A unidade HazOp, resultante da AOO do módulo HazOp e representada pela figura A.1 do anexo A, é composta por oito Classes-&-Objetos: HazOp, NE, PP, PĠ, Desvio, Causa, Consequência e AR. A estrutura identificada entre os objetos desta unidade é do tipo todo-parte.

A unidade Treinamento (figura A.2, Anexo A) é resultante da análise do módulo Treinamento e parte do módulo Estratégias de Conhecimento, sendo constituída de duas Classe-&-Objetos (Treinamento e Sequência) relacionadas através de uma estrutura todo-parte.

A AOO dos módulos Registro/Interface e Conhecimento resultou na unidade RIC, constituída pela Classe Indivíduo e pelas Classes-&-Objetos: IndivíduoInstrutor, IndivíduoAprendiz e Conhecimento, representadas na figura A.3 do Anexo A. Nesta unidade, duas estruturas foram identificadas. A primeira estrutura é do tipo generalização-especialização e relaciona a Classe generalização Indivíduo com as Classes-&-Objetos especializações IndivíduoInstrutor e IndivíduoAprendiz. A segunda estrutura identificada é do tipo todo-parte e representa a relação do todo IndivíduoAprendiz com a Classe-&-Objetos parte Conhecimento, caracterizando desta forma que o conhecimento adquirido pelo aprendiz faz parte de suas características.

A última unidade resultante da AOO do sistema é aquela desenvolvida a partir do módulo Avaliação, e que possui a mesma denominação (figura A.4, Anexo A). Esta unidade é caracterizada por estruturas todo-parte relacionando as Classes-&-Objetos Avaliação, Perguntas e Respostas. Esta estrutura demonstra que cada avaliação é composta de "0,n" perguntas que serão apresentadas ao aprendiz, sendo que o resultado do atendimento a este questionamento constitui-se do mesmo número ("0,n") de respostas.

Cabe salientar que o módulo Simulador, apresentado pelo modelo de instrução programada proposto no capítulo anterior, não foi desenvolvido neste trabalho devido à necessidade de informações mais detalhadas sobre os componentes do processo industrial, as quais não puderam ser obtidas.

#### 5.4. O PROTÓTIPO DO SISTEMA

O protótipo desenvolvido, denominado Sistema de Treinamento Hazop - STH, está dividido em quatro unidades funcionais: RIC, HazOp, Treinamento e Avaliação, gerenciados

---

\* Segundo COAD e YOURDON<sup>11</sup>, Classe-&-Objetos é "um termo significando uma Classe e os Objetos nessa Classe".

de forma integrada pelo ambiente KAPPA. Estas unidades são independentes e se comunicam através do envio de mensagens. Um esquema funcional simplificado do sistema é apresentado a seguir na figura 5.1.

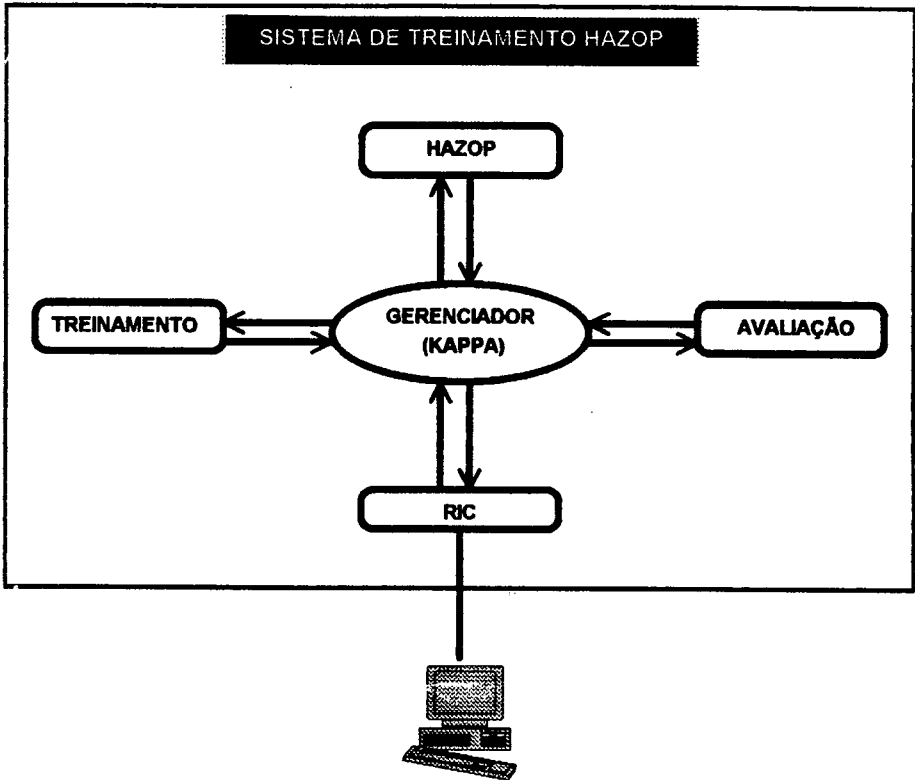


Figura 5.1 - Esquema funcional do STH.

A figura 5.2 apresentada a árvore hierárquica gerada pela implementação dos objetos do sistema, onde podem ser notadas as relações entre classes e subclasses resultantes.

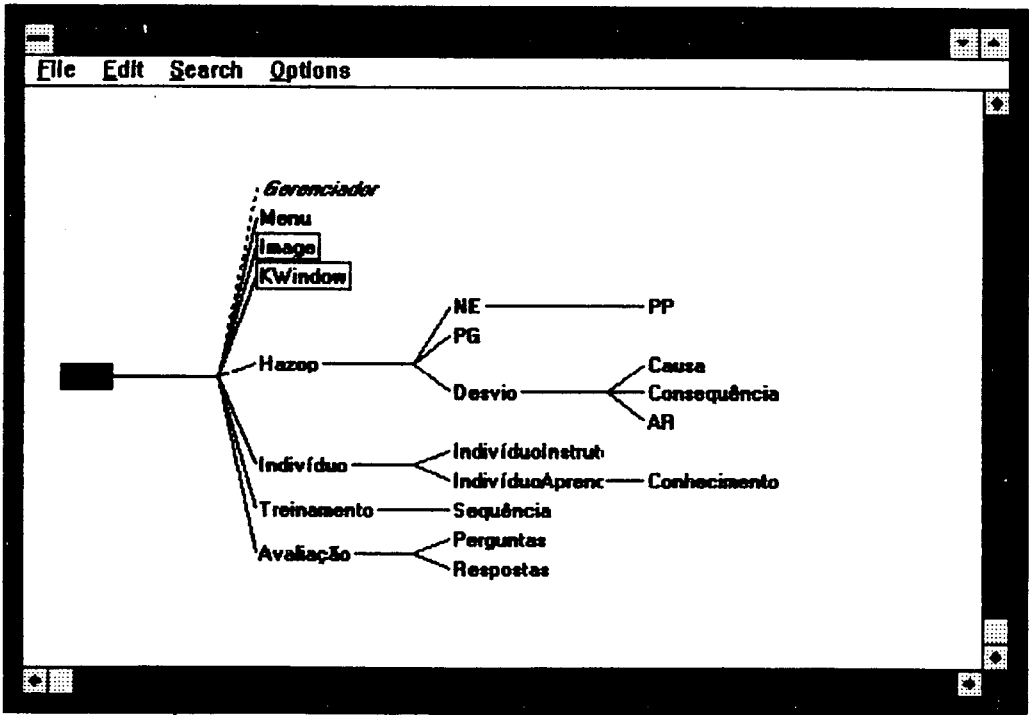


Figura 5.2 - Árvore hierárquica do STH.

O funcionamento do STH é simples e a sua utilização exige do aprendiz apenas o manuseio do *mouse*. A tela inicial do sistema apresenta ao usuário as alternativas de ação dentro do *software*.

O registro dos dados pessoais e a identificação do usuário deve ser a primeira ação efetiva dentro do sistema. Esta função é executada pela unidade RIC. Esta unidade, além de registrar os dados pessoais do usuário, orienta as suas alternativas em termos da função do mesmo frente ao sistema, ou seja, condiciona o acesso a certos pontos do STH. Se a pessoa que estiver operando o sistema for um instrutor de treinamento, ele terá acesso livre a todas as unidades do sistema, caso contrário, a unidade HazOp e parte da unidade RIC ficam desativadas.

Os registros dos estudos de operabilidade e riscos da planta, após terem sido realizadas as correções e adaptações necessárias (conforme item 4.3.1), são alimentados no STH pelo instrutor, como base de conhecimentos, através da unidade HazOp. Esta permite a inserção, passo a passo, de todos os itens constantes do estudo de HazOp (nós-de-estudo, parâmetros de processo, palavras-guia, desvios, causas, consequências e ações requeridas), sendo cada informação admitida como uma instância de uma das Classes-&-Objetos correspondentes. Posteriormente, caso necessário, estas informações constantes da base de conhecimentos podem ser armazenadas em arquivo.

Através da unidade HazOp o instrutor também especifica as estratégias de treinamento a serem apresentadas ao aprendiz e o tipo de avaliação a ser realizada após o desenvolvimento do treinamento. O estabelecimento das estratégias de treinamento deve buscar fundamentos nos princípios de aprendizagem apresentados no item 4.3.2

De posse da(s) base(s) de conhecimentos previamente inserida(s) no sistema, os indivíduos autorizados podem iniciar o treinamento, o qual é desenvolvido pela unidade de mesmo nome que executa o treinamento conforme a sequência estabelecida pelo instrutor. As informações são apresentadas em quadros que contêm o desvio da intenção de operação e suas respectivas causas, consequências e ações requeridas.

Após o estudo minucioso de cada quadro, o usuário passa para a unidade Avaliação onde os conhecimentos adquiridos serão verificados através de questões de múltipla escolha, também previamente geradas e especificadas pelo instrutor.

Todos os dados do usuário, bem como o tipo e a sequência de treinamento desenvolvidos, as respostas dadas às questões formuladas e as dúvidas apresentadas pelo aprendiz, são armazenadas em instâncias da Classe-&-Objetos Conhecimento, da unidade RIC. Estes dados registrados podem ser acessados pelo instrutor para posterior análise, de modo a que sejam identificados erros de interpretação ou de compreensão.

O Apêndice I contém uma aplicação deste protótipo, apresentando algumas telas do STH obtidas a partir da simulação de um treinamento desenvolvido em cima de uma base de conhecimentos específica.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSÕES

"ACIDENTES OCORREM DESDE TEMPOS IMEMORIAIS, E AS PESSOAS TÊM SE PREOCUPADO IGUALMENTE COM SUA PREVENÇÃO HÁ TANTO TEMPO."

WILLIE HAMMER, *apud* DE CICCIO e FANTAZZINI<sup>13</sup>

A preocupação com riscos e perdas em plantas industriais é atualmente parte integrante da filosofia de modernização empregada por empresas que procuram qualificar seus serviços de forma a aumentar sua competitividade, agregando qualidade e confiabilidade a seus produtos e atentando tanto para fatores internos quanto externos aos domínios da empresa. A partir desta nova visão empresarial, mais atenção deve ser dispendida a fatores de segurança, sendo de fundamental importância que as empresas adquiram a consciência de que trabalhar com segurança é importante e necessário para o alcance de seus objetivos, e que este princípio deve ser amplamente incorporado aos seus procedimentos operacionais.

Portanto, um dos principais objetivos de empresas que pretendam atuar de forma consistente no mercado deve ser a contribuição para a satisfação das pessoas - funcionários e sociedade - e não somente a satisfação de consumidores e fornecedores. Desta forma os conceitos de gerenciamento de riscos e, mais recentemente, de segurança integrada, aparecem com o intuito de fornecer ferramentas para elaboração de planos de segurança, baseados em dados concretos e com objetivos específicos, os quais devem obter amplo apoio de todos os níveis da empresa. Isto posto, pode-se realmente pensar em melhorias de condições de trabalho e, de maneira global, em prevenção de acidentes.

O estudo de HazOp apresentado, apesar de necessitar de um certo tempo para ser desenvolvido, é de grande utilidade para o conhecimento profundo da operação de plantas industriais e, por conseguinte, resulta em modificações e aperfeiçoamentos operacionais que contribuem em muito para a redução de riscos na planta, para a prevenção de perdas e, de forma geral, para a melhoria operacional e da segurança da empresa.

A utilização da técnica de HazOp como meio auxiliar para a coordenação de estudos de riscos se torna essencial nos tempos atuais devido à complexidade dos processos empregados, possibilitando que os especialistas possam organizar seus conhecimentos e experiências com o objetivo de minimização dos riscos industriais. Além do aspecto sistemático, outro grande mérito desta técnica é a utilização de diversos especialistas de áreas diversificadas trabalhando em grupo, fazendo com que cada área de interesse do processo seja exaustivamente analisada, tanto por especialistas na área quanto por leigos no assunto. Isto evita esquecimentos ou omissões de aspectos relevantes e promove uma maior compreensão, por parte dos integrantes do grupo de estudo, dos problemas existentes no sistema industrial. Além do mais, pessoas competentes trabalhando sozinhas estão mais sujeitas a erros por desconhecerem aspectos alheios à sua área de trabalho.

O modelo de instrução programada proposto permite que se utilize os resultados, e portanto o conhecimento obtido com os estudos de HazOp, no sentido da melhoria

operacional e da qualificação de pessoal, através de treinamento dos operadores e supervisores responsáveis pelo funcionamento da planta, com elevado teor técnico-operacional.

Através deste modelo, um conjunto de situações potenciais de desvio operacional da planta são apresentadas ao indivíduo, de maneira estruturada e sistemática, de forma que ele se familiarize com as situações passíveis de ocorrência dentro do processo industrial. Deste modo, buscamos alimentar o indivíduo de conhecimento suficiente sobre o processo operacional e sobre os riscos envolvidos neste processo para que ele possa, em caso real, através de um *feedback*, identificar as situações de risco e resolvê-las antes que ocorra a falha do sistema.

O sistema de instrução programada desenvolvido a partir do modelo proposto neste trabalho permite que os operadores e/ou supervisores de uma planta industrial fiquem familiarizados com os procedimentos operacionais considerados seguros pela empresa, reduzindo as possibilidades de falha humana dentro do sistema industrial. Além de apresentar os desvios das condições operacionais que são passíveis de ocorrência e quais as atitudes que devem ser tomadas frente a estes problemas, o sistema apresenta as causas e os acontecimentos subsequentes, ou consequências, a este desvio, permitindo uma compreensão mais geral do problema com o qual o trabalhador está se deparando.

Desta forma, atingimos os três objetivos específicos aos quais nos propusemos alcançar com a elaboração deste trabalho. No entanto, esperamos que o mesmo tenha continuidade e que outros trabalhos sejam desenvolvidos na mesma linha. Assim, sugerimos nos itens 6.2 e 6.3 algumas abordagens a serem realizadas sobre o assunto.

## 6.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muitas organizações podem alegar que não necessitam executar nenhum estudo de HazOp ou qualquer outro procedimento desta natureza, pois empregam pessoas suficientemente competentes e processos absolutamente seguros, e confiam nos conhecimentos e na experiência de seus funcionários, o que elimina a possibilidade de ocorrência de acidentes em seus domínios industriais. Estas, pois, são as mais indicadas a serem surpreendidas por situações adversas e não previstas que resultam, muitas vezes, em graves acidentes causando grandes perdas, tanto humanas como materiais.

Obviamente, estudos de HazOp não substituem a experiência e o conhecimento das pessoas, e nem pretendem eliminar todos os riscos presentes em uma determinada atividade industrial. O procedimento de HazOp apenas orienta os conhecimentos e a experiência das pessoas que constituem o grupo ou equipe de estudo para um uso sistematizado, coordenado e sem omissões.

Com relação ao desenvolvimento de projetos, alguns podem alegar que os estudos de HazOp são tardiamente executados, sendo normalmente aplicados com base no projeto de detalhamento da planta, o que impede que grandes modificações sejam realizadas no processo, fazendo-se necessário a instalação de grande quantidade de equipamentos de proteção contra os riscos, o que encarece em demasia as instalações da planta. Para se evitar este tipo de problema, o HazOp deve ser executado o mais cedo possível durante a fase de

projeto de uma planta industrial, procurando acompanhar o próprio ritmo de desenvolvimento do projeto, sem interromper a sua execução.

Ainda com relação ao HazOp, cabe salientar que não se pode tornar uma planta industrial totalmente segura apenas desenvolvendo estudos de riscos sem que haja, por parte da empresa, uma cumplicidade em termos de execução de medidas mitigadoras, instalação e manutenção preventiva de equipamentos e, também, treinamento adequado de seus funcionários.

O treinamento, nos dias atuais, deve ser visto pelas empresas como instrumento para solucionar os diversos problemas que afetam a sua estrutura, o seu funcionamento e o seu nível de produtividade. Desta forma, as atividades de treinamento dentro da empresa devem atender a três necessidades fundamentais. A primeira é a necessidade de acomodação à rotatividade e ao crescimento do quadro de pessoal. A segunda é aquela de atualização da empresa em termos de novos conhecimentos, habilidades e atitudes requeridas dos funcionários. E a terceira necessidade é a de melhorar as habilidades e o desempenho dos funcionários em suas funções atuais. Portanto, a função do treinamento dentro das empresas não deve se restringir apenas ao desenvolvimento pessoal através da capacitação de seus funcionários, mas principalmente, à melhoria da capacidade destes de intervir na qualidade do processo produtivo e na organização de maneira geral.

Porém, apenas o treinamento não irá solucionar todos os problemas da organização. Como salienta CHESNAIS<sup>9</sup>, o conhecimento sobre o risco não implica necessariamente num comportamento correto e seguro por parte dos operadores. A percepção do risco é altamente dependente da avaliação realizada pelo operador e varia para cada indivíduo em função de suas características cognitivas. Contudo, conforme afirma IIDA<sup>31</sup>, o treinamento e a experiência atuam como "filtros", ajudando os operadores a eliminarem ou identificarem os seus próprios erros.

Existe ainda a necessidade de se avaliar o abismo muitas vezes existente entre a tarefa prescrita, ou seja, o procedimento operacional informado ao operador, e a tarefa real, isto é, a interpretação da tarefa pelo operador. Esta remodelação da tarefa, conforme LEPLAT e HOC<sup>36</sup>, *apud* CELLIER<sup>8</sup>, é mais evidente quanto maior for a falta de funcionalidade dos procedimentos operacionais prescritos, o que normalmente ocorre quando estes são desenvolvidos apenas por especialistas, que muitas vezes desconhecem as limitações operacionais do sistema. POYET<sup>43</sup>, também baseado em Leplat e Hoc, afirma que ainda existem mais dois tipos de refinamento da interpretação por parte do operador: a tarefa atual, que seria a adaptação da tarefa real (ou tarefa redefinida como denominado por Poyet), a qual se baseia na adaptação da representação mental à uma situação real, e a atividade real, que seria a realização da tarefa por parte do operador. Portanto, uma análise da tarefa de cada indivíduo pode reduzir esta diferença e permitir uma melhor compreensão dos procedimentos operacionais por parte do operador.

Apesar destas restrições, este processo de treinamento permite, de uma maneira geral, que os operadores e supervisores de plantas industriais construam uma representação, um modelo mental mais completo sobre as instalações do processo, sobre os procedimentos corretos e seguros e sobre as atitudes a serem tomadas frente a desvios de operação. Esta representação, segundo POYET<sup>43</sup>, é função tanto do conhecimento do operador como também de sua experiência dentro do sistema industrial. Portanto, o conhecimento

transmitido os permite decidir sobre as ações a efetuar, em especial naquelas situações operacionais não habituais.

O procedimento proposto por este trabalho permite, portanto, que se ataque os riscos industriais sobre dois aspectos fundamentais: o fator técnico e o fator humano. Deste modo, apesar de não estarmos separando estes aspectos e nem desconsiderando a influência da interação homem-máquina e do comportamento humano, procuramos fornecer um meio prático e efetivo para minimização dos riscos industriais. Através de uma abordagem integrada da interação homem-risco, buscamos conciliar Gerência de Riscos e treinamento de pessoal com o objetivo sinérgico de melhoria das condições operacionais e da segurança industrial.

## **6.2. RECOMENDAÇÕES PARA CONTINUIDADE DO TRABALHO**

Algumas recomendações são importantes para que o trabalho possa ter continuidade e aplicação a nível industrial:

- Validação do modelo de instrução programada proposto para treinamento técnico-operacional de operadores e supervisores, através da sua aplicação em caso real.
- Desenvolvimento do módulo Simulador para auxiliar no treinamento e/ou para substituir o tipo de avaliação utilizada no protótipo.
- Transformação do protótipo em um sistema de instrução programada, através da utilização de uma linguagem de programação orientada a objetos que permita a construção de um sistema com desempenho (velocidade, apresentação, manutenção, etc.) adequado à sua finalidade.

## **6.3. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Aproveitando os mesmos rumos traçados pelo desenvolvimento deste trabalho, sugerimos alguns assuntos que podem ser abordados por pesquisas futuras:

- Adaptação do modelo de instrução programada, o qual está baseado principalmente nos princípios behavioristas de aprendizagem, aos moldes cognitivistas de ensino.
- Aplicação dos dois modelos, em caso real, e comparação do desempenho dos sistemas e do grau de aprendizagem obtidos em cada caso.
- Utilização de uma Abordagem Multicritério de Apoio à Decisão para avaliar o impacto das estratégias apresentado nos objetivos fundamentais da organização.

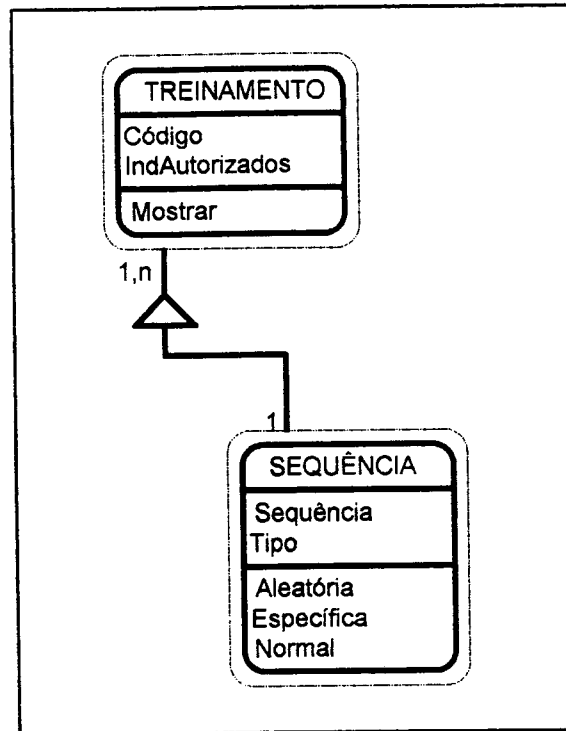


Figura A.2 - UNIDADE TREINAMENTO -  
AOO dos módulos Treinamento  
e Estratégias de Treinamento (em parte).

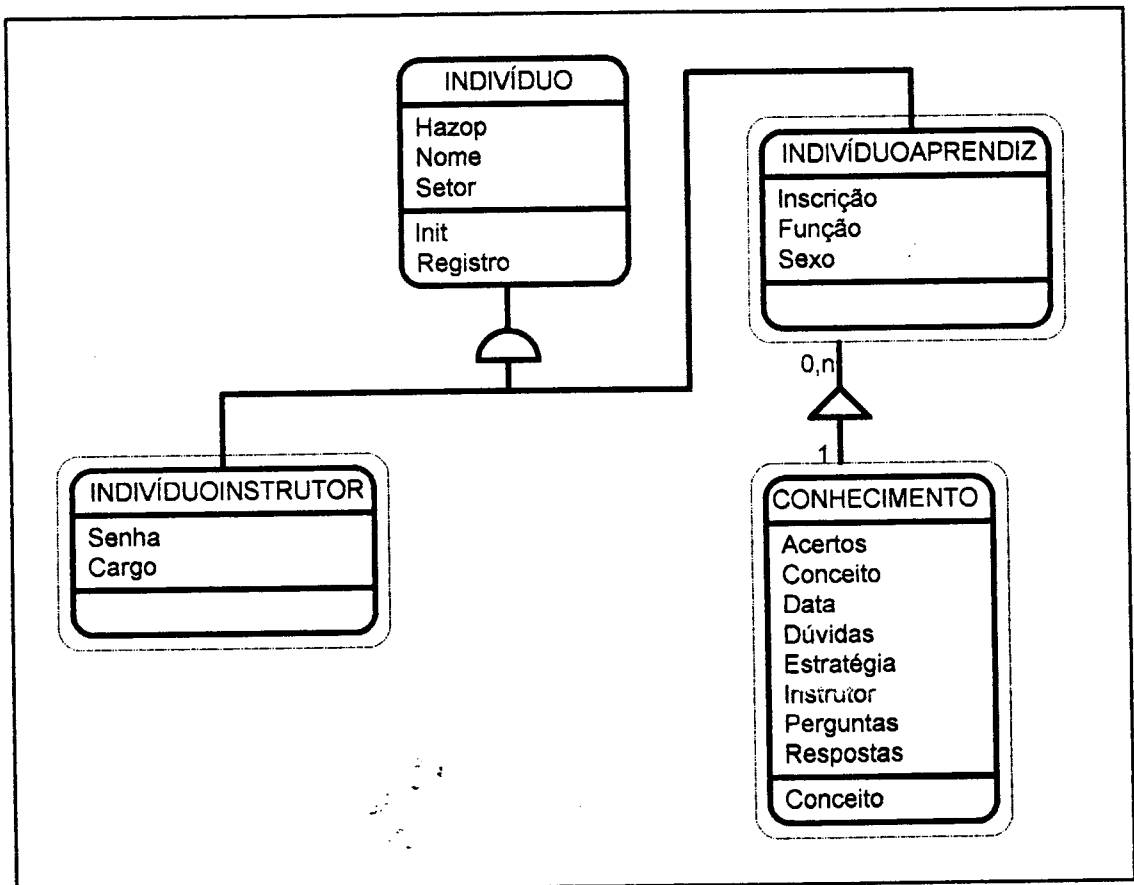


Figura A.3 - UNIDADE RIC - AOO dos módulos Registro/Interface e Conhecimento.



AOO DO SISTEMA

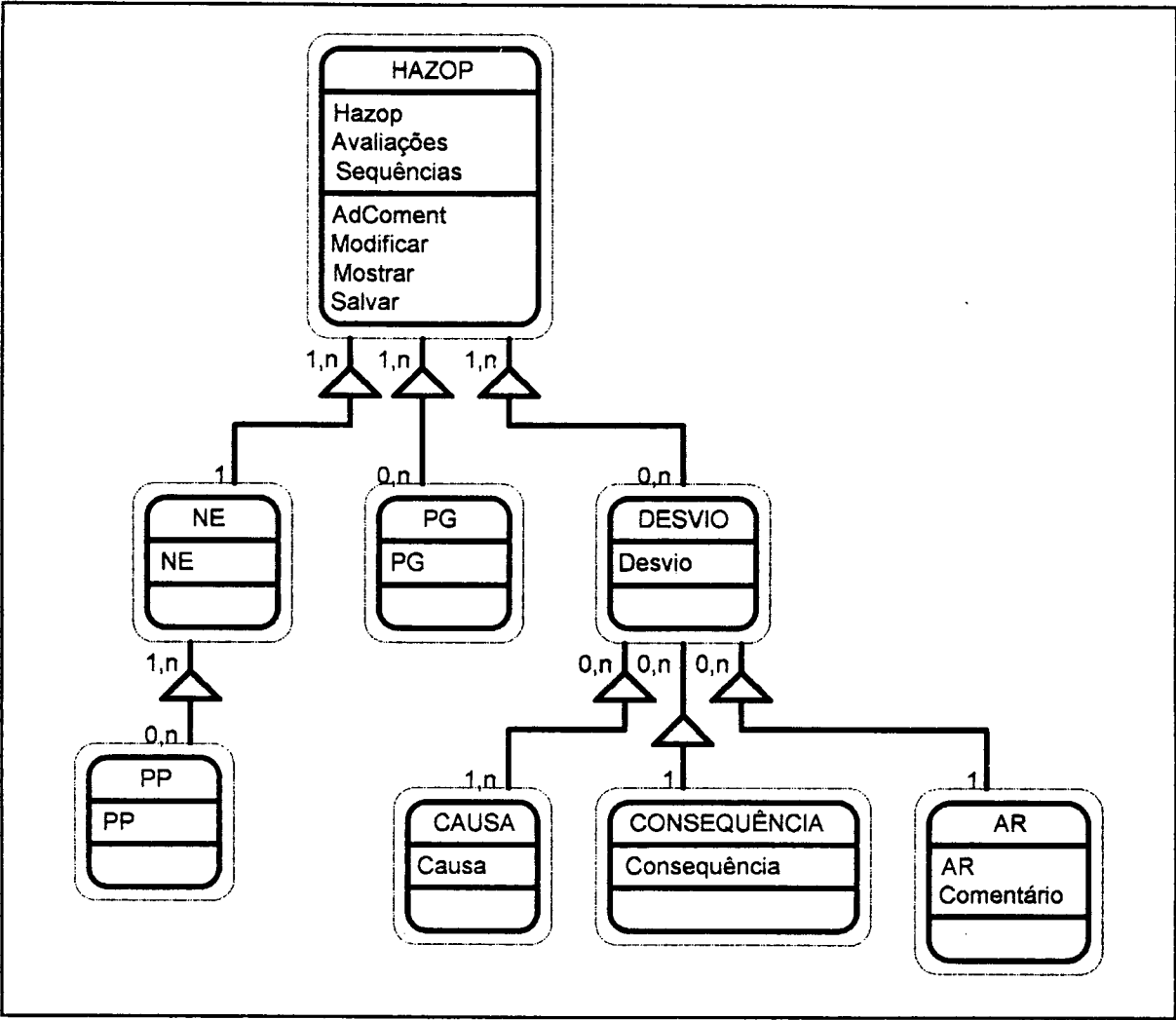


Figura A.1 - UNIDADE HAZOP - AOO do módulo HazOp.

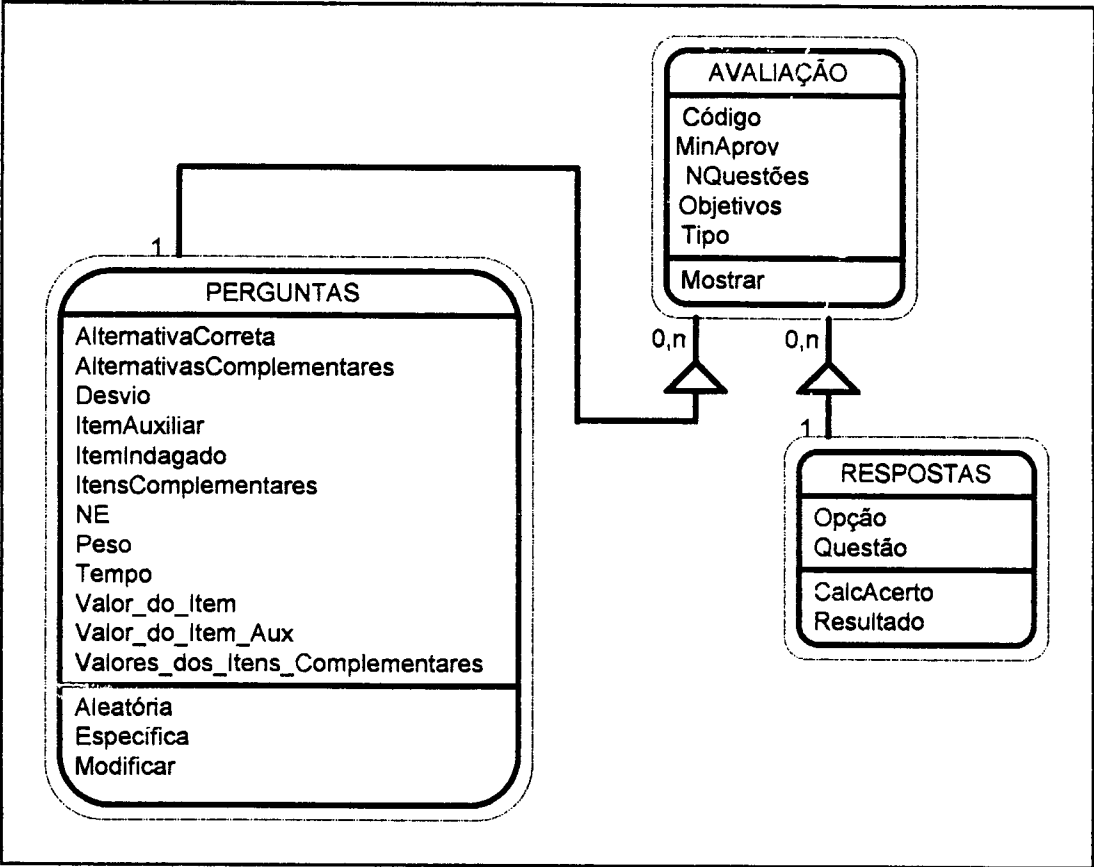


Figura A.4 - UNIDADE AVALIAÇÃO - AOO do módulo Avaliação.

ANEXO B

GLOSSÁRIO DE ATRIBUTOS

Quadro B.1 - Glossário de atributos da unidade HazOp.

UNIDADE HAZOP		
Classes-&-Objetos	Atributos	Significado
HAZOP	Hazop	Designação do estudo desenvolvido.
	Avaliações	Avaliações criadas para o HazOp.
	Sequências	Sequências de treinamento criadas para o HazOp.
NE	NE	Conteúdo do nó-de-estudo do HazOp.
PP	PP	Parâmetro de processo do nó-de-estudo.
PG	PG	Palavra-guia aplicada ao parâmetro de processo.
DESVIO	Desvio	Desvio gerado.
CAUSA	Causa	Causa do desvio gerado.
CONSEQUÊNCIA	Consequência	Consequência do desvio gerado.
AR	AR	Ação requerida para eliminar ou minimizar o desvio.
	Comentário	Comentário sobre a sequência apresentada.

Quadro B.2 - Glossário de atributos da unidade Treinamento.

UNIDADE TREINAMENTO		
Classes-&-Objetos	Atributos	Significado
TREINAMENTO	Código	Código correspondente ao treinamento.
	IndAutorizados	Aprendizes autorizados a utilizar o treinamento.
SEQUÊNCIA	Sequência	Sequência de treinamento especificada.
	Tipo	Tipo de sequência de treinamento especificada.

Quadro B.3 - Glossário de atributos da unidade RIC.

UNIDADE RIC		
Classes-&-Objetos	Atributos	Significado
INDIVÍDUO	Hazop	Bases de conhecimento com acesso permitido.
	Nome	Nome do indivíduo.
	Setor	Setor ao qual está vinculado dentro da empresa.
INDIVÍDUOINS- TRUTOR	Senha	Senha de acesso aos dados do sistema.
	Cargo	Cargo que ocupa dentro da empresa.
INDIVÍDUO- APRENDIZ	Inscrição	Número de inscrição no programa de treinamento.
	Função	Função que desempenha dentro do setor de trabalho.
	Sexo	Sexo.
CONHECIMENTO	Acertos	Número de acertos obtidos durante a avaliação.
	Conceito	Conceito obtido na avaliação.
	Data	Data em que realizou o treinamento.
	Dúvidas	Dúvidas apresentadas durante o treinamento e a avaliação.
	Estratégia	Estratégia apresentada ao aprendiz.
	Instrutor	Instrutor responsável pelo aprendiz.
	Perguntas	Questões apresentadas ao aprendiz na avaliação.
	Respostas	Respostas obtidas ao questionamento.

Quadro B.4 - Glossário de atributos da unidade Avaliação.

UNIDADE AVALIAÇÃO		
Classes-&-Objetos	Atributos	Significado
AVALIAÇÃO	Código	Código correspondente à avaliação.
	MinAprov	Nota mínima para aprovação.
	NQuestões	Número de questões a serem apresentadas.
	Objetivos	Objetivos específicos da avaliação.
	Tipo	Tipo de avaliação.
PERGUNTAS	AlternativaCorreta	Alternativa que possui a resposta correta.
	AlternativasComplementares	Alternativas apresentadas para complementar a questão e que possuem suposições erradas sobre a questão.
	Desvio	Desvio da intenção de operação apresentado pela questão.
	ItemAuxiliar	Item informado para auxiliar a resposta sobre a questão.
	ItemIndagado	Causa, consequência ou ação requerida indagados.
	ItensComplementares	Itens que complementam a questão.
	NE	Nó-de-estudo apresentado pela questão.
	Peso	Peso das questões apresentadas.
	Tempo	Tempo de resposta para cada questão.
	Valor do Item	Conteúdo do item indagado.
	Valor do Item Aux	Conteúdo do item auxiliar.
	Valores dos Itens Complementares	Conteúdos dos itens complementares.
RESPOSTAS	Opção	Resposta escolhida pelo aprendiz.
	Questão	Questão apresentada.

## ANEXO C

### GLOSSÁRIO DE SERVIÇOS

Quadro C.1 - Glossário de serviços da unidade HazOp.

UNIDADE HAZOP		
Classes-&-Objetos	Atributos	Significado
HAZOP	AdComent	Permite a adição de comentários para serem apresentados ao aprendiz.
	Modificar	Permite a modificação dos dados constantes da base de conhecimentos.
	Mostrar	Apresenta ao instrutor o conteúdo da base de conhecimentos.
	Salvar	Salva o HazOp ativo.

Quadro C.2 - Glossário de serviços da unidade Treinamento.

UNIDADE TREINAMENTO		
Classes-&-Objetos	Serviços	Significado
TREINAMENTO	Mostrar	Apresenta a sequência de treinamento ao aprendiz.
SEQUÊNCIA	Aleatória	Gerador aleatório de uma sequência de treinamento.
	Específica	Sequência especificada pelo instrutor.
	Normal	Sequência de inserção dos registros do HazOp.

Quadro C.3 - Glossário de serviços da unidade RIC.

UNIDADE RIC		
Classes-&-Objetos	Serviços	Significado
INDIVÍDUO	Registro	Efetua o registro dos usuários do sistema.
CONHECIMENTO	Conceito	Calcula o conceito do aprendiz após a avaliação.

Quadro C.4 - Glossário de serviços da unidade Avaliação.

UNIDADE AVALIAÇÃO		
Classes-&-Objetos	Serviços	Significado
AVALIAÇÃO	Mostrar	Apresenta a avaliação ao aprendiz.
PERGUNTAS	Aleatória	Gerador aleatório de questões.
	Específica	Questões especificadas pelo instrutor.
	Modificar	Permite a modificação das questões pelo instrutor.
RESPOSTAS	CalcAcerto	Verifica as respostas corretas do aprendiz.
	Resultado	Resultado final da avaliação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANSELL, Jake, WHARTON, Frank. **Risk: analysis, assessment and management.** England: John Wiley & Sons, Ltd., 1992. 220 p. ISBN 0-471-93464-X.
2. ARENDT, J. Steven *et al.* Managing safety: do's and don'ts to 'OSHA- proof your process hazard analyses. **Chemical Engineering**. p. 90-100, mar. 1993.
3. ARRUDA, Henrique Furtado. **Proteção contra incêndios e explosões. Apostila de aula do curso de Engenharia de Segurança do Trabalho.** Florianópolis: FEESC, 1994.
4. AWAZU, Luis Antônio de Mello. **Introdução à análise de risco.** Transparência de palestra. Petrobrás, 1989.
5. BASTIAS, Hernán Henríquez. **Introducción a la ingeniería de prevención de pérdidas.** São Paulo: Conselho Regional do Estado de São Paulo da Associação Brasileira para a Prevenção de Acidentes, 1977. 290 p.
6. CARDELLA, Benedito. **Segurança de processo em novas unidades industriais. Gerência de Riscos,** São Paulo, n. 13, p. 8-12, jul/ago 1989.
7. CARDOSO, Olga R. **Introdução à Engenharia de Segurança do Trabalho.** Apostila de aula do curso de Engenharia de Segurança do Trabalho. Florianópolis: FEESC, 1994.
8. CELLIER, J.M. L'erreur humaine dans le travail. In: LEPLAT, Jaques, DE TERSSAC, Gilbert. **Les facteurs humains de la fiabilité dans les systemes complexes.** Avec la collaboration de: J.M. Cellier, M. Neboit, A. Oudiz. Marseille: Octares, 1990. ISBN 2-906-769-03-7.
9. CHESNAIS, M. Erreur, facteur de risque ou prise de risque, facteur d'erreur. In: LEPLAT, Jaques, DE TERSSAC, Gilbert. **Les facteurs humains de la fiabilité dans les systemes complexes.** Avec la collaboration de: J.M. Cellier, M. Neboit, A. Oudiz. Marseille: Octares, 1990. ISBN 2-906-769-03-7.
10. CHOWDHURY, Jayadev, PARKINSON, Gerald. OSHA tightens its hold. **Chemical Engineering**, p. 37-42, mai. 1992.
11. COAD, Peter, YOURDON, Edward. **Análise baseada em objetos.** Tradução da 2. ed. americana por CT Informática. Rio de Janeiro: Campus. 1992. 225 p. (Série Yourdon Press). ISBN 85-7001-700-6.
12. DE CICCIO, Francesco M.G.A.F. **Gerência de riscos: ampliando conceitos. Proteção,** São Paulo, n. 27, fevereiro-março, 1994.

13. DE CICCIO, Francesco M.G.A.F., FANTAZZINI, Mario Luiz. Os riscos empresariais e a gerência de riscos. **Proteção - suplemento especial n. 1**, São Paulo, n. 27, fevereiro-março, 1994.
14. DE CICCIO, Francesco M.G.A.F., FANTAZZINI, Mario Luiz. Financiamento de riscos. **Proteção - suplemento especial n. 6**, São Paulo, n. 32, agosto, 1994.
15. DE KEYSER, V. Fiabilité humaine et la gestion du temps dans les systemes complexes. In: LEPLAT, Jaques, DE TERSSAC, Gilbert. **Les facteurs humains de la fiabilité dans les systemes complexes**. Avec la coloboration de: J.M. Cellier, M. Neboit, A. Oudiz. Marseille: Octares, 1990. ISBN 2-906-769-03-7.
16. DUBOIS, Danièle, FLEURY, Dominique, MAZET, Corinne. Représentations catégorielles: perception et/ou action. In: DUBOIS, Danièle, RABARDEL, Pierre, WEILL-FASSINA, Annie. **Représentations pour l'action**. Dirigée par: Jaques Christol et Gilbert de Terssac. Toulouse: Octares, 1993. ISBN 2-906769-11-8.
17. FARBER, José Henrique. Análise de riscos - dicas de como organizar um trabalho preventivo na empresa. **Proteção**, São Paulo, v. 4, n. 16, p. 36-37, abril-maio, 1992.
18. FARBER, José Henrique. Técnicas de análise de riscos e os acidentes maiores. **Gerência de Riscos**, São Paulo, p. 30-37, 1. trim. 1991.
19. FERNANDEZ, Laureano Montenegro. Los accidentes de trabajo en España - tendencias en la prevención de riesgos profesionales. IV Seminário Brasil-España. **Saúde e Trabalho**, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 19-28, 1991.
20. FERREIRA, Paulo Pinto. **Treinamento de pessoal**. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas, 1985. 237 p. ISBN 85-224-0077-6.
21. FIALHO, Francisco A.P. **Modelagem computacional da equilibrção das estruturas cognitivas como proposto por Jean Piaget**. Florianópolis: UFSC, 1994. 434 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1994.
22. FILIPE, J. Análise de riscos na Engenharia de Segurança. **Saúde Ocupacional e Segurança**, São Paulo, v. XXI, p. 64-73, 1986.
23. FONTES, Lauro Barreto. **Manual do treinamento na empresa moderna**. São Paulo: Atlas, 1977.
24. GAGNÉ, Robert M. **Como se realiza a aprendizagem**. Tradução de Therezinha Maria Ramos Tovar. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1974. 270 p.
25. GREENE, Mark R. Decision analysis for risk management - a primer on quantitative methods. A series of articles reprinted from **Risk Management magazine**. New York: The Risk and Insurance Management Society, 1977. 32 p.

26. **Guidelines for hazard evaluation procedures.** Battelle Columbus Division for The Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers. 1. ed. New York: AIChE, 1985. 162 p.
27. HANNUM, Wallace H., HANSEN, Carol. **Instructional systems development in large organizations.** New Jersey: Educational Technology Publications, 1989. 326 p. ISBN 0-87778-204-0.
28. HARMON, Paul, KING, David. **Expert systems: artificial intelligence in business.** New York: John Wiley & Sons, Inc., 1985. 283 p. ISBN 0-471-81554-3.
29. HILL, Winfred F. **Aprendizagem - uma resenha das interpretações psicológicas.** 3. ed. Traduzido por José Luis Meurer. Supervisão de Celso Pereira de Sá. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1981. 233 p.
30. HUCZYNSKI, A.A., BUCHANAN, D.A. **Organizational behaviour.** Hemel Hempstead: Prentice-Hall, 1991.
31. IIDA, Itiro. **Novas abordagens em segurança do trabalho.** Produção, Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, p. 26-31, março, 1991.
32. JACKSON, Norman, CARTER, Pippa. The perception of risk. In: ANSELL, Jake, WHARTON, Frank. **Risk: analysis assessment and management.** England: John Wiley & Sons, Ltd., 1992. 220 p. ISBN 0-471-93464-X.
33. KIRCHNER, J.H. **Arbeitssicherheit und Ergonomie.** Braunschweig, Technische Universität, Fachgebiet Arbeitswissenschaft, 1980, Seminarunterlagen.
34. KLETZ, Trevor A. **Eliminação dos riscos oriundos dos processos.** Tradução e adaptação de André Leite Alckmin. São Paulo: APCI, RODHIA S.A. 35 p.
35. KUETHE, James L. **O processo ensino-aprendizagem.** Tradução de Leonel Vallandro. Porto Alegre: Editora Globo, 1974. 191 p.
36. LEPLAT, J., HOC, J-M. Tâche et activité dans l'analyse psychologique des situations. **Cahiers de Psychologie Cognitive**, v. 3, n. 1, p. 35-48, 1983.
37. MACHIAVERNI, Celso V. Seleção de métodos e técnicas de treinamento. In: **Manual de Treinamento e Desenvolvimento.** Associação brasileira de treinamento e desenvolvimento. Coordenador: Gustavo Grüneberg Boog. São Paulo: McGraw-Hill, 1980. p. 107-117. 503 p.
38. MACIAN, Lêda Massari. **Treinamento e desenvolvimento de recursos humanos.** Temas básicos de educação e ensino. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda., 1987. 110 p.



39. MELIN, José Maria. **Uma metodologia para análise de viabilidade econômica de um programa de treinamento operacional**. Florianópolis: UFSC, 1983. 170 p.  
Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1983.
40. OMBREDANE, A., FAVERGE, J.M. **L'analyse du travail**. Paris: Puf, 1955.
41. PESSIS-PASTERNAK, Guitta. **Do caos à inteligência artificial - quando os cientistas se interrogam**. Tradução de Luiz Paulo Rouanet. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1993. 259 p. ISBN 85-7139-040-1.
42. PONTUAL, Marcos. **Evolução do treinamento empresarial**. In: **Manual de Treinamento e Desenvolvimento**. Associação brasileira de treinamento e desenvolvimento. Coordenador: Gustavo Grüneberg Boog. São Paulo: McGraw-Hill, 1980. p. 01-12. 503 p.
43. POYET, C. **L'homme, agent de fiabilité dans les systèmes automatisés**. In: LEPLAT, Jaques, DE TERSSAC, Gilbert. **Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes**. Avec la collaboration de: J.M. Cellier, M. Neboit, A. Oudiz. Marseille: Octares, 1990. ISBN 2-906-769-03-7.
44. REUTER, Luiz Roberto. **Uma visão moderna da segurança industrial**. *Proteção*, São Paulo, v. 01, n. 04, p. 71-73, abril, 1989.
45. RICHARD, D. et al. **Neurobiologie - le système nerveux: système de communication**. Collection dirigée par G. Godet. Paris: Hachette Éducation, 1990. 142 p. ISBN 2-01-016107-6.
46. ROGALSKI, Janine, SAMURÇAY, Renam. **Représentations de référence: outils pour le contrôle d'environnements dynamiques**. In: DUBOIS, Danièle, RABARDEL, Pierre, WEILL-FASSINA, Annie. **Représentations pour l'action**. Dirigée par: Jaques Christol et Gilbert de Terssac. Toulouse: Octares, 1993. ISBN 2-906769-11-8.
47. SANTOS, Neri. **Ergonomia**. Apostila do curso de Engenharia e Segurança do Trabalho. Florianópolis: FEESC, 1995.
48. SCHANK, R. **Dynamic memory: a theory of learning in computers and people**. Cambridge: University Press, 1982.
49. SELL, Ingeborg. **Gerenciamento de riscos**. Apostila do curso de Engenharia e Segurança do Trabalho. Florianópolis: FEESC, 1995.
50. SETTI, José Luis. **Paralelismo entre a teoria de Deming e a prevenção de acidentes**. *Notícias de Seguridad*, março, 1992.
51. SKIBA, R. **Die Gefahrenträgertheorie**. Wilhelmshaven: Hug + Co, 1973.

52. SOTO, José Manoel Gama. O problema dos acidentes do trabalho e a política prevencionista no Brasil. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v. 6, n.21, p. 23-28, janeiro-março, 1978.
53. STERNBERG, Fritz. **A revolução militar e industrial do nosso tempo**. Tradução de Waltensir Dutra. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1962.
54. TORELLO, Luiz. Treinamento técnico-operacional. In: **Manual de Treinamento e Desenvolvimento**. Associação brasileira de treinamento e desenvolvimento. Coordenador: Gustavo Grüneberg Boog. São Paulo: McGraw-Hill, 1980. p.297-310. 503 p.
55. VERGARA, Walter Hernández. **Simulação cognitiva da tomada de decisão em situações complexas: modelagem do raciocínio humano por meio de casos**. Florianópolis: UFSC, 1995.  
Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.
56. WHARTON, Frank. Risk management: basic concepts and general principles. In: ANSELL, Jake, WHARTON, Frank. **Risk: analysis assessment and management**. England: John Wiley & Sons, Ltd., 1992. 220 p. ISBN 0-471-93464-X.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ALVES, José Luiz Lopes, GILL, Luiz Roberto Pinto. Segurança de processos - experiência da Rhodia traz vantagens no controle dos riscos de acidentes. *Proteção*, São Paulo, v. 5, n. 22, p. 30-33, abril-maio, 1993.
- ALVES, Márcia. Petrobrás implanta banco de dados de confiabilidade. *Gerência de Riscos*, São Paulo, p. 36-37, 1991.
- Análise, avaliação e gerenciamento de riscos.** Rio Grande: Fundação para o Desenvolvimento da Ciência, 1990.
- ANTUNES, Álvar Athayde et al. *Apostila do curso de prevenção de perdas*. São Paulo: Instituto de Engenharia, 1993.
- ARNOLD, Willian R., BOWIE, John S. *Artificial intelligence: a personal, commonsense journey*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1986. 219 p. ISBN 0-13-048877-1.
- BARR, Avron, FEIGENBAUM, Edward A. *The handbook of artificial intelligence*. v. 2. USA: Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1986. 428 p. ISBN 0-201-11813-0.
- BARZILAY, Amos. SPIRIT: a flexible tutoring style in an intelligent tutoring systems. In: THE SECOND CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE APLICATIONS: THE ENGINEERING OF KNOWLEDGE-BASED SYSTEMS, 1985, Miami Beach. *Anais ...* Washington: IEE Computer Society, 1985, p. 336 - 341. ISBN 0-8186-0688-6.
- BARWICK, J.S. Damage diagnosis - the cost. *Australian Safety News*, Melbourne, v. 45, n. 1, p. 14-18, janeiro-fevereiro, 1974.
- BASS, Bernard M., VAUGHAN, James A. *O aprendizado e o treinamento na indústria*. Tradução de Márcio Cotrim. São Paulo: Atlas, 1978. 187 p.
- BASTA, Nicholas. Expert systems: thinking for the CPI. Contributors: Shota Ushio, Herb Short and Eric Johnson. *Chemical Engineering*. p. 26-29, mar. 1988.
- BARLOW, Richard E., PROSCHAN, Frank. *Mathematical theory of reliability*. Contributions by Larry C. Hunter. 2. ed. USA: John Wiley & Sons, Inc., 1965. 256 p.
- BELLO, Gian Carlo et al. Metodologia para classificação quanto ao potencial de riscos de fontes e atividades. *Gerência de Riscos*, São Paulo, n. 13, p. 13-25, jul./ago. 1989.
- BOOCH, Grady. *Object oriented design with applications*. Redwood City: Benjamin/Cummings Publishing Company, 1991. 580 p. ISBN 0-8053-0091-0.
- BOOSE, J.H., GAINES, B.R. *Knowledge aquisition tools for expert systems*. Knowledge-based systems. v. 2. Cambridge: Academic Press, 1988.

- BRULÉ, J.F., BLOUNT, A. **Knowledge aquisition**. USA: McGraw-Hill, 1989.
- CAMPOS, Dinah Martins de Souza. **Psicologia da aprendizagem**. 13 ed. Petrópolis: Editora Vozes, 1982.
- CARDOSO, Olga R. **Processo de trabalho e riscos**. Apostila de aula do curso de Engenharia de Segurança do Trabalho. Florianópolis: FEESC, 1994.
- CARDOSO, Olga R. **Psicologia para Engenharia de Segurança do Trabalho**. Apostila de aula do curso de Engenharia de Segurança do Trabalho. Florianópolis: FEESC, 1995.
- CARDOSO, Olga R. **Treinamento para Engenharia de Segurança do Trabalho**. Apostila de aula do curso de Engenharia de Segurança do Trabalho. Florianópolis: FEESC, 1995.
- CASAS, Luis Alberto Alfaro. **Ensino assistido por computador: modelagem de um gerador de materiais educativos computadorizados num ambiente de multimídia**. Florianópolis: UFSC, 1994.  
Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1994.
- CAVERNI, Jean-Paul et al. **Psychologie cognitive: modèles et méthodes**. Grenoble: Presses Universitaires de Grenoble, 1991. 468 p. ISBN 2-7061-0307-8.
- CHESHIRE, Keith. Costs factors in accident prevention. **Protection**, London, v. 11, n. 2, p. 15-17, fevereiro, 1974.
- CHOWDHURY, Jayadev, PARKINSON, Gerald. Chemical plant safety: an international drawing card. **Chemical Engineering**, p. 14-17, mar. 1987.
- CHOWDHURY, Jayadev. The battle over the environment. **Chemical Engineering**, p. 30-45, out. 1991.
- Confiabilidade e análise de riscos**. Curso de segurança, saúde e meio ambiente - CURSSAMA. Petrobrás: Setembro, 1991.
- DAVIES, Ivork K. **A organização do treinamento**. Tradução de Miguel Antônio de Almeida Gabriel. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1976. 145 p.
- DAVIS, Frank. The high cost of accidents at work. **Australian Safety News**, Melbourne, v. 47, n. 1, p. 21-30, janeiro-fevereiro, 1976.
- DE CICCIO, Francesco M.G.A.F. Custo de acidentes. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v. 12, n. 45, janeiro-março, 1984.
- DE CICCIO, Francesco M.G.A.F. Gerenciamento de riscos: uma abordagem eficaz para a otimização de despesas com seguros. **CIPA**, São Paulo, v. XV, n.172, p. 68-69, 1994.

- DE CICCIO, Francesco M.G.A.F., FANTAZZINI, Mario Luiz. A Engenharia de prevenção de perdas (segurança de sistemas). *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, São Paulo, v. V, n. 2, p. 1-80, janeiro-março, 1977.
- DE CICCIO, Francesco M.G.A.F., FANTAZZINI, Mario Luiz. A identificação e a análise de riscos. *Proteção - suplemento especial n. 2*, São Paulo, n. 28, abril, 1994.
- DE CICCIO, Francesco M.G.A.F., FANTAZZINI, Mario Luiz. A identificação e a análise de riscos II. *Proteção - suplemento especial n. 3*, São Paulo, n. 29, maio, 1994.
- DE CICCIO, Francesco M.G.A.F., FANTAZZINI, Mario Luiz. A identificação e a análise de riscos III. *Proteção - suplemento especial n. 4*, São Paulo, n. 30, junho, 1994.
- DE CICCIO, Francesco M.G.A.F., FANTAZZINI, Mario Luiz. A prevenção e o controle de perdas, através da Engenharia de segurança de sistemas. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, São Paulo, v. VII, n. 28, p. 39-42. outubro-dezembro, 1979.
- DE CICCIO, Francesco M.G.A.F., FANTAZZINI, Mario Luiz. Avaliação de riscos. *Proteção - suplemento especial n. 5*, São Paulo, n. 31, julho, 1994.
- DE CICCIO, Francesco M.G.A.F., FANTAZZINI, Mario Luiz. *Introdução à Engenharia de segurança de sistemas*. 3. ed. São Paulo: FUNDACENTRO, 1979. 113 p. il.
- DE CICCIO, Francesco M.G.A.F., FANTAZZINI, Mario Luiz. Método para a determinação matemática de prioridades para o controle de riscos. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, São Paulo, v. 10, n. 39, agosto-setembro, 1982.
- DE CICCIO, Francesco M.G.A.F., FANTAZZINI, Mario Luiz. *Tópicos especiais de gerência de riscos*. v. 1-6. São Paulo: ITSEMAP do Brasil, 1994.
- DE KEYSER, Véronique, VAN DAELE, Agnès. *L'ergonomie de conception*. Textes issus du 23<sup>e</sup>. Congres de la Société D'ergonomie de Langue Française. Bruxelles: De Boeck-Wesmael, 1989. ISBN 2-8041-1241-1
- DUBOIS, Danièle, RABARDEL, Pierre, WEILL-FASSINA, Annie. *Représentations pour l'action*. Dirigée par: Jaques Christol et Gilbert de Terssac. Toulouse: Octares, 1993. ISBN 2-906769-11-8.
- DUCA, Antônio C. de Lara, ROLIM, Fernando. Métodos de quantificação de riscos em programas de controle de perdas e sua aplicação à construção civil. *Saúde Ocupacional e Segurança*, São Paulo, v. XV, n. 4, p. 295-299, 1980.
- EGOL, Len. Hazardous materials trigger a software explosion. *Chemical Engineering*, p. 179-182, abr. 1989.
- ENSSLIN, Leonardo. *Economia do trabalho*. Apostila de aula do curso de Engenharia de Segurança do Trabalho. Florianópolis: FEESC, 1995.

- ESTEVEES, Alan da Silva. **Análise de riscos: interfaces, metodologias e aplicação num caso real.** Encontro técnico sobre Engenharia da Confiabilidade. Petrobrás/COCECOM, 1987.
- ESTEVEES, Alan da Silva. **Análise de riscos.** Curso de confiabilidade para gerentes. Petrobrás. 42 p.
- ESTEVEES, Alan da Silva, COLLARES, Stonesmogene. Utilização da metodologia do Norwegian Petroleum Directorate (NPD) para análise preliminar de riscos em plataformas offshore. **Boletim Técnico da Petrobrás**, Rio de Janeiro, p. 83-91, jan./dez. 1992.
- FERNÁNDEZ, Frank E. Control total de pérdidas. **Notícias de Seguridad**, abril e maio, 1972.
- FERREIRA, Paulo Pinto. **Treinamento de pessoal: a técnico-pedagogia do treinamento.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 1977. 262 p.
- FREEMAN, N.T. Accident costs - the factors. **Protection**, London, v. 9, n. 10, p. 12-13, novembro, 1972.
- GRUBER, Thomas R. **The aquisition of strategic knowledge.** v. 4. Boston: Academic Press Inc., 1989. 311 p. ISBN 0-12-304754-4.
- HARLOW, H.F., MCGAUGH, James L. THOMPSON, Richard F. **Psicologia.** Tradução de Fernando José Leite Ribeiro e José Severo de Camargo Pereira. São Paulo: Editora Brasiliense, 1978. 575 p.
- HAWLEY, William E. Programmed instruction. In: CRAIG, Robert L., LESTER, R. Bittel. **Training and development handbook.** USA: McGraw-Hill, 1967. 650 p. p. 225 - 250.
- KAPPA User's Guide. USA: IntelliCorp, Inc., 1991.
- KNOWLES, Malcolm S. Modernos conceitos sobre a aprendizagem de adultos e suas implicações para o treinamento. In: IV SIMPÓSIO INTERAMERICANO DE TREINAMENTO E DESENVOLVIMENTO E I CONGRESSO BRASILEIRO DE TREINAMENTO E DESENVOLVIMENTO, 1976, São Paulo. **Anais ...** São Paulo: A.B.T.D., 1978. p. 109 - 131.
- KOTCHER, Raymond L. Turn a permitting challenge into an opportunity. **Chemical Engineering**. p. 157-162, mar. 1992.
- LAPP, Steven A. A risk evaluation system; here's a quantitative way to assess risk. **Chemtech**, p. 700-704, novembro, 1991.
- LEES, Frank P. **Loss prevention in the process industries.** v. 1, 2. Great Britain: Butterworth & Co., 1980.

- LEITE, Reinaldo Ferreira. **O treinamento na produção: uma visão brasileira das técnicas a aplicar na indústria, no comércio e em prestação de serviços**. Rio de Janeiro: Zahar, 1979. 127 p.
- LELOUCHE, R., DION, P. A multi-expert systems to teach structured programming. In: GERO, G.S. **Artificial intelligence in engineering: diagnosis and learning**. Southampton: Computational Mechanics Publications, 1988. 421 p. p. 401 - 420. ISBN 1-85312-012-X.
- LEPLAT, Jaques, DE TERSSAC, Gilbert. **Les facteurs humains de la fiabilité dans les systemes complexes**. Avec la collaboration de: J.M. Cellier, M. Neboit, A. Oudiz. Marseille: Octares, 1990. ISBN 2-906-769-03-7.
- LEVINE, Robert I., DRANG, Diane E., EDELSON, Barry. **Inteligência artificial e sistemas especialistas - aplicações e exemplos práticos**. São Paulo: McGraw-Hill, 1988. 264 p.
- LIO, Carmo. A ação interprofissional na prevenção de acidentes do trabalho. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v. 7, n. 27, p. 75-83, julho-setembro, 1979.
- Manual de treinamento e desenvolvimento**. Associação brasileira de treinamento e desenvolvimento. Coordenador: Gustavo Grüneberg Boog. São Paulo: McGraw-Hill, 1980. 503 p.
- MASCON, Cynthia Fabian, GORDON, Henri S., VAGI, David L. CPI safety: high marks, but ... **Chemical Engineering**, p. 74-86, out. 1988.
- MATINEZ, Ricardo Monteiro. Un procedimiento para mejorar el factor humano dentro del sistema de la seguridad del trabajo. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v. 21, n. 78, p. 51-56, abril-junho, 1993.
- MEDNICK, Sarnoff A. **Aprendizagem**. 4 ed. Tradução de Álvaro Cabral. Revisão de Geraldina Porto Witter. Rio de Janeiro: Zahar, 1973.
- MIELKE, Fernando. **Ensino assistido por computador: algumas considerações teóricas da ergonomia e da inteligência artificial num ambiente hipertexto**. Florianópolis: UFSC, 1991.  
Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1991.
- MINELLA, Luzinete Simões. Diferenças de enfoque sobre os acidentes de trabalho e suas contribuições teórico-metodológicas. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v. 21, n. 78, p. 61-77, abril-junho, 1993.
- MIRSHAWKA, Victor. **Análise de árvore de eventos**. Apostila de técnicas de análise de risco.
- MONTEIRO, Marcelo Afonso. Ações de governo - conscientização deve ser a principal missão dos órgãos governamentais. **Proteção**, São Paulo, v. 4, n. 16, p. 43-44, abril-maio, 1992.

- NERTNEY, R.J. Practical application of system safety concepts. **Professional Safety**, New York, v. 22, n. 2, p. 29-33, fevereiro, 1977.
- OLIVEIRA, Luiz F. Seixas, MELLO, Paulo F. F. Frutuoso, FLEMING, Paulo Victor. **Conceituação de confiabilidade**. Encontro Técnico de Engenharia da Confiabilidade na Petrobrás, Rio de Janeiro, 1987.
- OLIVEIRA, Luiz F. Seixas, MELLO, Paulo F. F. Frutuoso, FLEMING, Paulo Victor. **Teoria cinética de árvore de falhas: uma versão simplificada**. 1991.
- OLIVEIRA, Maria Cecília, MAKARON, Ofélia Maria Simões de M. **Análise de árvore de falhas**. Coordenado por Luis Antônio de Mello Awazu. São Paulo: CETESB, 1987. 21 p.
- OLIVEIRA, Wilson Barbosa. **Programas de segurança baseados na prevenção e controle de perdas**. Curso de segurança, saúde e meio ambiente - CURSSAMA. Petrofertil: Setembro, 1991.
- PACHECO JÚNIOR, Waldemar. **Qualidade na segurança e higiene do trabalho: série SHT 9000, normas para gestão da segurança e higiene do trabalho**. São Paulo: Atlas, 1995. 118 p. ISBN 85-224-1236-7.
- PADÃO, Márcio Elmor. **Análise de riscos - o avanço da segurança**. *Proteção*, São Paulo, v. 2, n. 10, p. 55-57, janeiro-fevereiro, 1991.
- PIKE, R.H., HO, S.S.M. Risk analysis in capital budgeting: barriers and benefits. **Omega**, v. 19, n. 4, p. 235-245, 1991.
- POLIDO, Walter Antonio. **Responsabilidade Civil: é possível gerenciar este risco?**. *Gerência de Riscos*, São Paulo, n. 13, p. 26-28, jul/ago 1989.
- RICH, Elaine. **Inteligência artificial**. Tradução Newton Vasconcelos. Revisão técnica Nizam Omar. São Paulo: McGraw-Hill, 1988. 503 p. ISBN 0-07-450364-2.
- RICHARD, Jean-François. **Les activités mentales - comprendre, raisonner, trouver des solutions**. Série Psychologie dirigée par Rodolphe Ghiglione. Paris: Armand Colin Éditeur, 1990. 435 p. ISBN 2-200-31257-1.
- ROACH, J., WILDING, M. Improving human-computer interaction by learning a model of user preferences. In: THE SECOND CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATIONS: THE ENGINEERING OF KNOWLEDGE-BASED SYSTEMS, 1985, Miami Beach. *Anais ...* Washington: IEE Computer Society, 1985, p. 364 - 368. ISBN 0-8186-0688-6.
- ROMISZOWSKI, Alexandre Joseph. **Aplicação de instrução individualizada para treinamento nas empresas - experiências européias**. In: IV SIMPÓSIO INTERAMERICANO DE TREINAMENTO E DESENVOLVIMENTO E I CONGRESSO BRASILEIRO DE TREINAMENTO E DESENVOLVIMENTO, 1976, São Paulo. *Anais ...* São Paulo: A.B.T.D., 1978. p. 109 - 131.



- SANCHO, José M. Bobadilla, MONZÓ, Juan Luis Román. Emprego da inteligência artificial na gerência de riscos. **Gerência de Riscos**, São Paulo, v. 4, n. 11, p. 26-34, 1989.
- SEBALD, Robert H. **Curso avançado de gerência de projetos**. Management Center do Brasil. São Paulo: RHSociates, 1986. 149 p.
- SERPA, Ricardo R., HADDAD, Edson, MINNITI, Vivienne M. Critérios para classificação de substâncias potencialmente perigosas para o transporte rodoviário. **Gerência de Riscos**, São Paulo, p. 7-21, 4. trim. 1990.
- SCHANK, Roger C., CHILDERS, Peter G. **The cognitive computer on language, learning and artificial intelligence**. Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company, 1984. 268 p. ISBN 0-201-06443-X.
- SLEEMAN, D., BROWN, J.S. **Intelligent tutoring systems**. Computers and people series. London: Academic Press Inc., 1982. 345 p. ISBN 0-12-648680-8.
- SOUZA, Evandro Abreu de, PEREIRA, Renato Dutra, BERNARDELLI, Henrique C. **Software para Estimativa de Consequências Advindas de Acidentes em Plantas Industriais Químicas**. In: Projeto de Graduação em Engenharia Química, 1992. 120 p.
- STATON, Thomas F. **Princípios educacionais aplicados ao treinamento de pessoal**. Tradução de Belisário Marques de Andrade. Revisão técnica de Erothildes M. Barros da Rocha, Naeif Sáfady, Wilma M. Alves Penteado. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 244 p.
- Techniques for assessing industrial hazards**. World Bank Technical Paper Number 55. 2. ed. Washington: The World Bank, 1990. 180 p. ISBN 0-8213-0779-7.
- The foundations of loss control**. Factory Mutual System. USA: Factory Mutual Engineering, 1989.
- The hazard and operability technique**. Hazard Assessment Course Notes.
- TUTHILL, G.S. **Knowledge engineering - concepts and practices for knowledge-based systems**. USA: TAB Professional and Reference Books, 1990.
- VAZ DA COSTA, Marcos Nadalin. Banco de dados de confiabilidade da Petrobrás - BDC. **Boletim Técnico da Petrobrás**, Rio de Janeiro, p. 167-172, jul./set. 1990.
- VERVALIN, C.H. Hazard evaluation. **Hydrocarbon Processing**, New York, p. 35-40, december, 1986.
- VIEIRA DE SOUZA, Celso. **Grandes perdas em indústrias químicas e petroquímicas**. **Gerência de Riscos**, São Paulo, p. 6-11, 2. trim. 1990.
- WITHERELL, Charles E. Forestalling failure in the plant. **Chemical Engineering**, p. 126-132, out. 1991.

## APÊNDICE I

### UTILIZANDO O SISTEMA

Este apêndice tem por objetivo a apresentação de um caso de treinamento fictício, de forma a demonstrar resumidamente o funcionamento do protótipo construído no ambiente de programação KAPPA.

Com esta finalidade, utilizamos os registros de um HazOp anteriormente desenvolvido para constituir a base de conhecimentos do STH. Este HazOp é parte de um estudo de Análise de Riscos de um parque de armazenamento de combustíveis líquidos, localizado no Estado do Rio Grande do Sul, que abastece algumas empresas do Pólo Petroquímico do referido Estado.

#### 1.1. Entrando no STH

O STH roda apenas na presença do ambiente KAPPA. Portanto, o primeiro passo é alimentar o KAPPA com o arquivo que contém os objetos do STH.

A tela inicial, com a qual se depara o usuário ao entrar no STH, é apresentada na figura I.1 abaixo.

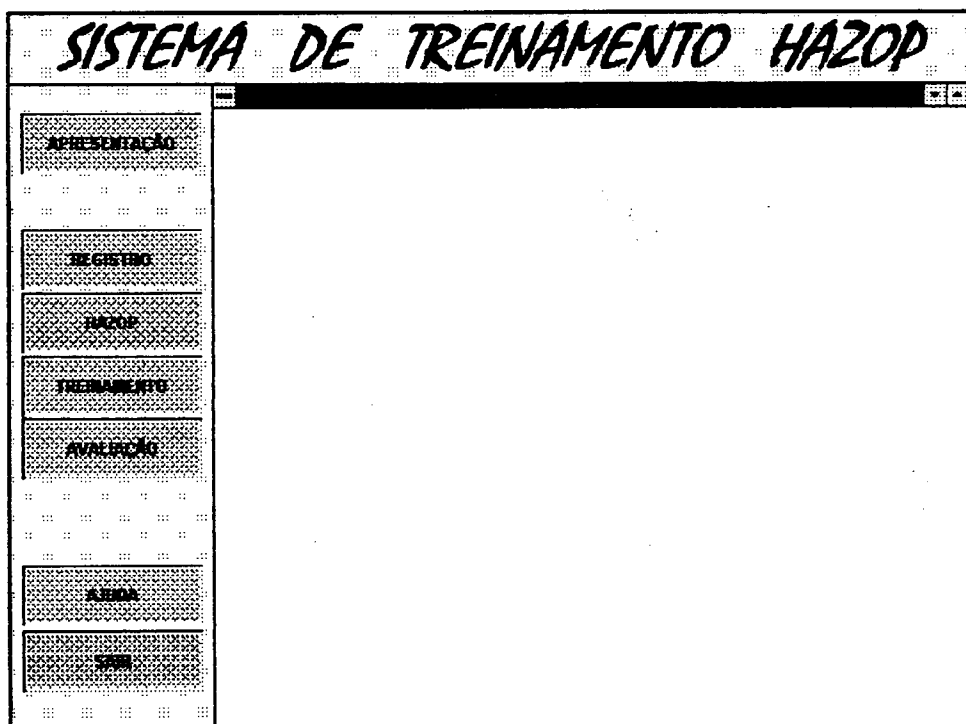


Figura I.1 - Tela inicial do STH.

Nesta tela, o usuário pode tanto obter informações sobre o sistema (botões Apresentação e Ajuda) como ativar cada uma das unidades constituintes do STH (botões Registro, HazOp, Treinamento e Avaliação) ou sair do sistema (botão Sair).

O primeiro passo a ser executado dentro do STH é o registro dos dados do usuário. Ativando a unidade RIC (botão Registro), o usuário se identifica como Instrutor ou Aprendiz (figura I.2) e introduz seus dados pessoais e a sua senha de acesso (figura I.3).

Qual a sua  
designação ?

Instrutor  
Usuário

Figura I.2 - Identificação do usuário.

Entre com os seus dados

Nome:

Senha:  000000 .. 999999

Setor:

OK Reset

Figura I.3 - Dados pessoais e senha de acesso.

A partir destas informações, o STH vai coordenar o acesso do usuário a determinados pontos do sistema. Caso o usuário seja um Instrutor, ele terá acesso livre à todas as informações e serviços do STH. Caso contrário, se o usuário for um Aprendiz, alguns pontos do sistema e algumas informações não estarão disponíveis ao mesmo.

## I.2. Incluindo o HazOp

Na unidade HazOp, o Instrutor possui duas alternativas para lidar com os registros do HazOp, podendo inserir uma base de conhecimentos nova ou ler em arquivo alguma base previamente alimentada e armazenada no STH (figura I.4).

Resgatar HazOp  
arquivado ou incluir  
novo HazOp ?

NOVO  
ARQUIVO

Figura I.4 - Opções do Instrutor.

A inserção da base de conhecimentos no STH ocorre na mesma ordem em que as informações são apresentadas pelos registros do estudo, conforme apresentado pelas figuras I.5 e I.6 abaixo.

Figura I.5 - Inserção do primeiro nó-de-estudo.

Figura I.6 - Inserção da primeira palavra-guia do primeiro parâmetro-de-processo.

Este processo sequencial continua até que todo o conteúdo dos registros do HazOp sejam inseridos no sistema. O HazOp inserido, assim como aqueles armazenados em arquivo, pode ser apresentado (botão Mostrar HazOp - figura I.7) ao Instrutor, o qual terá liberdade para alterar o conteúdo da base de conhecimentos ou adicionar comentários (figura I.8) a serem apresentados ao Aprendiz durante a execução do treinamento.

Figura I.7 - Apresentação da base de conhecimentos e especificações sobre treinamento e avaliação.

SISTEMA DE TREINAMENTO HAZOP	
<b>MENU PRINCIPAL</b>  <b>CONTINUAR</b> <b>MODIFICAR</b> <b>ADICIONAR COMENTARIO</b>  <b>AJUDA</b> <b>SAIR</b>	<b>NÓ-DE-ESTUDO</b> Sistema de Óleo Combustível
	<b>PARÂMETRO DE PROCESSO</b> Vazão
	<b>PALAVRA-GUIA</b> Mais
	<b>DESVIO</b> Maior Vazão
	<b>CAUSAS</b> Má comunicação com o pilar
	<b>CONSEQUÊNCIAS</b> Aumento de pressão na linha podendo causar vazamentos
	<b>AÇÕES REQUERIDAS</b> Manutenção periódica nos comunicadores e testes de áudio diários

Figura I.8 - Alterações da base de conhecimentos e adição de comentários.

### I.3. Especificando o Treinamento e a Avaliação

O próximo passo do Instrutor é especificar o tipo de treinamento (botão Define Treinamento - figura I.7) e o tipo de avaliação (botão Define Avaliação - figura I.7) a serem desenvolvidos pelo Aprendiz. No caso do treinamento, o Instrutor pode optar por estabelecer uma sequência de apresentação específica, apresentar as informações na mesma ordem em que foram inseridas ou gerar uma sequência aleatória de apresentação do conteúdo do HazOp. No caso da avaliação, o Instrutor pode escolher entre construir as questões, especificando os itens a serem indagados e as alternativas a serem apresentadas, ou gerar um conjunto de perguntas aleatoriamente, as quais podem ser alteradas pelo Instrutor conforme necessário.

SISTEMA DE TREINAMENTO HAZOP	
<b>MENU PRINCIPAL</b>  <b>CONTINUAR</b> <b>DEFEITOS</b>  <b>AJUDA</b> <b>SAIR</b>	<b>NÓ-DE-ESTUDO</b> Sistema de Óleo Combustível
	<b>PARÂMETRO DE PROCESSO</b> Pressão
	<b>DESVIO</b> Maior Pressão
	<b>CAUSAS</b> Válvulas com abertura inferior a esperada
	<b>CONSEQUÊNCIAS</b> Possível vazamento na linha
	<b>AÇÕES REQUERIDAS</b> Checagem de todas as válvulas envolvidas em qualquer operação

Figura I.9 - Desenvolvimento do treinamento.

#### I.4. Executando o treinamento

A figura I.9. na página anterior, apresenta a tela da unidade Treinamento. Durante o desenvolvimento do treinamento, o Aprendiz recebe informações sobre os desvios passíveis de ocorrência nos parâmetros de processo dos nós-de-estudo do sistema industrial e sobre as causas, consequências e ações requeridas para a redução ou eliminação destes desvios. Seguindo a sequência de treinamento especificada pelo Instrutor, o Aprendiz busca adquirir conhecimento suficiente sobre os riscos do processo utilizando o tempo que achar necessário para o estudo de cada caso e, no caso de possuir dúvidas sobre algum assunto apresentado, poderá descrevê-las (botão Dúvidas - figura I.9) para posterior análise por parte do Instrutor.

#### I.5. Avaliando os conhecimentos adquiridos

Após desenvolver o treinamento, o Aprendiz passa para a unidade Avaliação (figura I.10), onde os conhecimentos adquiridos serão testados através de um questionamento de múltiplas escolhas. Todas as respostas do Aprendiz são armazenadas e comparadas com as alternativas corretas de cada pergunta para verificar os seus erros e acertos.

SISTEMA DE TREINAMENTO HAZOP	
<b>MENU PRINCIPAL</b>  <div style="text-align: center;"> </div>	<b>NÓ-DE-ESTUDO</b> <input type="text" value="Sistema de Óleo Combustível"/>
	<b>DESVIO</b> <input type="text" value="Maior Pressão"/>
	<b>CONSEQUÊNCIA</b> <input type="text" value="Possível vazamento na"/>
	<b>A PARTIR DESTAS INFORMAÇÕES, QUAL O(A) CAUSA PARA O DESVIO APRESENTADO ?</b>
<b>AJUDA</b>  <b>SABER</b>	<b>A</b> <input type="text" value="Aumento da pressão na linha podendo causar vazamentos"/>
	<b>B</b> <input type="text" value="Entrada do tanque obstruída bruscamente"/>
	<b>C</b> <input type="text" value="Checagem de todas as válvulas envolvidas em qualquer operação"/>
	<b>D</b> <input type="text" value="Possível vazamento na linha"/>

Figura I.10 - Avaliação dos conhecimentos do Aprendiz.

Todas as informações sobre o aprendiz (dados pessoais, sequência de treinamento desenvolvida, respostas às questões, etc.) são armazenadas na Classe-&-Objetos Conhecimento (conforme item 5.3 deste trabalho) para posteriormente serem analisadas pelo Instrutor.

Após ter respondido a todas as questões, o Aprendiz recebe o resultado da avaliação conforme critério previamente estabelecido pelo Instrutor e, caso deseje, pode retornar à unidade Treinamento e rever as informações quantas vezes achar necessário.